
DOMINE
UT VIDEAM

1507

EINFÜHRUNG

IN DIE

AUGENHEILKUNDE.

Einführu

Augenhei

Dr. J. Hirsc

Erste Hälf

Mit 112 Holz

Leipzig

Verlag von Ge

1882.

Die 2. Hälfte erscheint

Einführung

in die

Augenheilkunde

von

Dr. J. Hirschberg,
A. o. Professor an der Universität zu Berlin.

Erste Hälfte.

Mit 112 Holzschnitten.

Leipzig
Verlag von Georg Thieme.
1892.

Die 2. Hälfte erscheint im Jahre 1893.

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

Augenheilkunde ist weder eine Gewebelehre des Auges noch eine mathematische Formelsammlung, noch eine Pilzkunde; sondern die wissenschaftliche Darstellung der Kunst, kranke Augen zu heilen und gesunde so zu erhalten.

Drei Dinge muss derjenige kennen lernen, welcher Augenkrankheiten zu heilen unternimmt: die Augenheilmittel, das Auge, die Augenkrankheiten.

Erster Abschnitt.

Die Augenheilmittel.

Die Augenheilmittel[1]), welche in den meisten der heutigen Lehrbücher etwas stiefmütterlich behandelt werden, stelle ich in den Vordergrund der Betrachtung.

In keinem Theil der Heilkunde steht der Werth geprüfter Heilformeln höher, als in dem unsrigen, der mit einem besonders zarten Organ sich zu beschäftigen hat. Das Heilen beruht auf Erfahrung. Die Heilkunde muss ganz genaue und wirklich erprobte, d. h. brauchbare Regeln überliefern.

Unser Grundsatz ist: Einfache Vorschriften.[2]) Unser Wahlspruch: Mit wenig kommt man aus.

I) Die keimtödtenden[3]) Mittel

nehmen, wegen ihrer Wichtigkeit, heutzutage die erste Stelle ein. Aber die thatsächlich wirksamen Mittel vermögen fast eher die Gewebe des Auges, als die krankmachenden Keime zu tödten.

---

1) Augenheilmittel waren dem Vater der Heilkunde: Weintrinken, oder Bad, oder Bähung, oder Aderlass, oder reinigende Arznei. (Hippocr. Aphor. VI, 31.)

Augenheilmittel sind uns heutzutage: örtlich auf das Auge einwirkende Arzneien, allgemein auf den Körper wirkende; Operationen; richtige Lebensweise.

2) In C. Graefe's Repertor. augenärztlicher Vorschriften, Berlin 1817, einem verdienstvollen Werk, das fast gar keine Nachfolge gefunden, liest man noch Recepte aus — zwanzig Mitteln! Unsere Vorschriften enthalten meistens nur ein einziges wirksames Heilmittel.

3) Antiseptische, von *ἀντί* (wider) und *σῆψις* (Fäulniss). Das Wort ist schlecht, denn *ἀντισήπεσθαι* heisst wieder faulen. (Galen, II, 21). *Ἀσηψία* heisst Freisein von Fäulniss (von *ἀ*-privativum und *σῆψις*). *Ἄσηπτος*, bei Hippocr. — Beseitigung der Fäulniss wird öfters Desinfection genannt.

1) A. Die starke Sublimatlösung (von einem Theil Sublimat[1]) auf tausend Theile Wasser), welche allerdings das erforderliche leistet und durch R. Koch als eines der zuverlässigsten Mittel dieser Art nachgewiesen worden ist, dient uns hauptsächlich als Waschwasser für unsere Hände sowie für unsere Geräthe aus Glas und aus Porzellan.

Auf das Auge kann diese starke Sublimatlösung nicht so einfach angewendet werden, da sie Verätzung der Hornhaut bewirkt.

Euucleatio bulbi.

Wohl aber dient sie, nach Entfernung des Augapfels,[a)] zur Wundausspülung.[2)] Ferner kann sie bei umschriebener Vereiterung der Hornhaut[b)] mittelst eines Pinsels vorsichtig angewendet werden, wenn man eine schwächere Lösung (1:5000) nachspült. Aber weit besser wirkt hier die Glühhitze.[3)] Ihr kann lebendiges nicht widerstehen. Sie ist das kräftigste Mittel gegen fortschreitende Hornhautvereiterung: zahlreiche Augen, welche früher zu Grunde gingen, werden jetzt durch die Glühhitze gerettet. Zur Verwendung kommt die galvanisch glühende Platindrahtschlinge; oder eine kleine, in der Weingeistflamme erhitzte, eiserne Olive: gelegentlich auch ein kleiner Brenner nach Paquelin.

Abscessus corneae.

Besser, als von der Hornhaut, wird die starke Sublimatlösung von der Bindehaut der Lider und des Umschlagtheils vertragen. Dass aber die durch den Tripperpilz[c)] bedingte, ansteckende Bindehauteiterung[d)] mit diesem stärksten der „antiseptischen" Mittel behandelt werden müsse, ist — ein Aberglauben. Die Erfahrung hat gelehrt, dass die lange bekannte, zweiprocentige Höllensteinlösung jene Krankheit weit sicherer heilt, obwohl zufälliger Weise der Höllenstein unter den — zusammenziehenden Mitteln abgehandelt zu werden pflegt.

Gonococcus. Blenorrhoea conjunctivae.

Gegen die Körnerkrankheit[e)] der Bindehaut ist in unseren Tagen das alte Hippocratische Schleimhaut-Bürsten[f)] wieder neu belebt worden: der Wattebausch oder die Bürste, welche zur Verwendung gelangen, werden in starke Sublimatlösung (1:500 bis 1:2000) eingetaucht. Doch möchte ich dies angehenden Aerzten kaum empfehlen; noch weniger die Einspritzung eines Tropfens der Lösung von 1:500 in den Glaskörper, bei Vereiterung desselben.

Trachoma. Ophthalmoxysis.

B) Das schwächere Sublimataugenwasser (1:5000), welches die Keime zwar nicht tödtet, aber doch ihre Entwicklung hemmt, gehört zu den wichtigsten und zuverlässigsten Mitteln in der Augenheilkunde.

---

1) $HgCl_2$, Hydrargyrum bichloratum (corrosivum), Quecksilberchlorid. Eine Angerer-Pastille von 1 Gramm Sublimat wird in 1 Liter Wasser aufgelöst.

2) Mittelst einer kleinen Schnabeltasse aus Porzellan, bei geneigtem Kopf, so dass die Flüssigkeit gleich wieder ausfliesst.

3) Ueberhaupt ist Hitze von 100° C. und darüber das wirklich desinficirende Mittel. Leider kann es nicht immer angewendet werden.

Sublimat-Augenwasser wird verordnet: 1) zu sogenannten antiseptischen Umschlägen; 2) zum Auswaschen des Bindehautsacks vor der Star-Operation u. dgl.; 3) zum Abspülen von Operationswunden, das allerdings gerade beim Star-Schnitt meist zu entbehren ist; 4) zum Abspülen der Wunden ernster Augenverletzung, vor dem Verband; 5) zum Befeuchten der Watte für den Augenverband; 6) als Lösungsmittel der Alkaloïd-Salze, [1]) besonders für Augen-Operationen. [2])

1) Hydrargyri bichlorat. 0,02
Aq. dest. (rec. coct.) 100,0
S. Sublimataugenwasser.

1a) Hydrargyri bichlorati 0,01
Aq. dest. 100,0.
S. Zu Umschlägen. [3]) (Mit einiger Vorsicht anzuwenden.)

Die meisten deutschen Fachgenossen verwenden das Sublimat-Augenwasser (1 : 5000), auf Grund der allgemeinen Versuche von R. Koch und der besonderen Erfahrungen von Sattler, [4]) A. Graefe [5]) u. A., denen ich mich auf Grund eigener, zahlreicher Beobachtungen vollkommen anschliesse.

Panas in Paris bevorzugt nach einzelnen Versuchen, die wenig beweisen, das Quecksilberjodid, HgJ_2 (1:20 000). Chibret preist das sogenannte Oxycyanür des Quecksilbers, in der Lösung von 1:1500 zum Augenbad und zur Berieselung der Wunde.

---

1) Cocaïn, Physostigmin, Atropin. Ich verschreibe die Lösung des Sublimats von 1:5000 als Aqua sublimata. — Will man häufiger einträufeln, z. B. Atropin bei Regenbogenhautentzündung; so ist besser eine Sublimatlösung von 1:10 000 zu wählen. — Einträuflung von Sublimatlösung 1:5000 verursacht öfters Brennen, nur selten Reizung, z. B. Hornhautbläschen. (Herpes.)

2) „Wenn ein beherzter Wundarzt bedenklich wurde, falls einem Kinde einige Tropfen von der Lösung an die Lippen kamen,“ (C. Bl. f. A., 1890, S. 24), so hat er nicht — gerechnet. Der Tropfen enthält etwa 0,00001 Sublimat. Die grösste Einzelgabe ist 0,02; die grösste Tagesgabe 0,1 für den Erwachsenen
0,02 für ein 5j. Kind,
0,01 für ein 1j. Kind.
Die ganze, von uns verschriebene Menge der Lösung (100,0) enthält nur die grösste Tagesgabe für ein Kind!

3) In dieser Anwendungsart ist das Mittel schon fast hundert Jahre alt: a) 0,05:120, zur Befeuchtung der Lider (Richter); b) 0,05:300, zur Einträuflung (Scarpa); c) 0,01 auf Laud. liqu. 2,0 und Aq. Rosar. 30,0. (Aqua ophthalmica Conradi.) Durch den Zusatz pflanzlicher Stoffe wird natürlich die Schärfe der Metallwirkung vermindert.

4) Ophth. Gesellsch. z. Heidelberg 1883, C. Bl. f. A., S. 335.

5) A. f. O. XXX, 4, 211 fgd., 1884.

2) *Frisches Chlorwasser*[1]) gehört einerseits nach R. *Koch* zu den kräftigsten Desinfectionsmitteln, da es noch in einer Verdünnung von 1:20000 die Fortpflanzungsfähigkeit von Bakterien in der Nährflüssigkeit verhindert, und wird andrerseits vom Auge gut vertragen.

Die Gerechtigkeit gebietet anzuerkennen, dass die praktische Anwendung um Jahrzehnte der theoretischen Forschung vorauseilte. Denn schon 1864 pries A. v. *Graefe*[2]) das Chlorwasser als „*Desinfectionsmittel*“ und benutzte es gegen Wucherungen[3]) der Bindehaut und Geschwüre der Hornhaut. *Schmidt-Rimpler* hat nachgewiesen, dass es die ansteckenden Eigenschaften des Thränensackeiters vernichtet. Ich selber habe es in Tausenden von Fällen erfolgreich angewendet. Chlorwasser kann *unverdünnt* auf das Auge geträufelt werden: a) bei Star-Operation und gleichzeitigem Thränensackleiden, b) bei Hornhautgeschwür. Chlorwasser kann *verdünnt* zu *kühlen* Umschlägen verwendet werden, bei Bindehautentzündung, besonders bei der bläschenförmigen[a]) und der körnigen;[b]) oder auch zu *lauen* Umschlägen, an Stelle des üblichen Kamillenaufgusses, bei schmerzhafter Entzündung der Hornhaut.

phlyktae-
nulären.
granulären,
chomatösen.

2) Aqu. chlorat.
(s. Chlori solut.) 20,0.
D. v. nigr. S. Zur Einträuflung.

2a) Aquae chlorat. 200,0.
D. v. nigr. S. Einen Esslöffel voll auf 1 Liter kühlen Wassers, zu Umschlägen: 3 Mal täglich, je eine Viertelstunde lang.[4])

2b) Aquae chlorat. 200,0.
D. v. nigr. S. Einen Esslöffel voll auf eine grosse Tasse lauen Wassers, zu Umschlägen: 4 Mal täglich, je 10 Minuten lang.

3) *Wässrige Carbolsäurelösung*[5]) *von* 5 %, die gelöstes Eiweiss zur Gerinnung bringt und alle Eiterkokken rasch abtödtet, verwenden wir zur Füllung der Glaskästen, in denen die auf Glas-

---

1) *Aqua chlorata* ist mit Chlorgas gesättigtes Wasser und enthält auf 1000 Theile Flüssigkeit 4 Theile Chlor. — Möglichst frisch zu verschreiben und vor Licht geschützt aufzuheben.

2) A. f. O., X, 2, 191.

3) Phlyktaenen, Follikel, Granulationen.

4) Natürlich ist für jedes der drei Male eine frische Mischung zu bereiten. Zur Mischung diene ein Löffel aus Glas oder Porzellan, oder ein Gläschen mit Maass-Strich.

5) $C_6H_5 \cdot OH$, Phenol.

spindeln gewickelten Seidenfäden zum Nähen[1]) aufbewahrt werden. Wässrige Carbolsäurelösung von 2½ bis 3%[2]), welche nur keimhemmend wirkt, kann bei Augenoperationen[3]) verwendet werden. Die (durch Kochen gereinigten) Instrumente liegen in der mit Carbolwasser gefüllten Glaswanne. Mit den daraus entnommenen feuchten Instrumenten kann man die Pupillenbildung, den Star-Schnitt, die Magnetoperation verrichten: das Auge verträgt diese geringen Mengen der Carbolsäure. Doch pflege ich so nicht zu operiren, ausser an den Lidern oder zur Entfernung des Augapfels u. dgl. Uebrigens bewirkt ein Tropfen des Carbolwassers, welcher auf die Augapfeloberfläche gelangt, starken brennenden Schmerz. Deshalb muss man das zu operirende Auge durch vorhergehende Cocaïneinträuflung unempfindlich machen und das andere vor der Berührung mit der Carbolsäurelösung zu schützen suchen, — falls nicht Betäubung des Kranken vorgezogen wird.

Schwächere Carbolsäurelösungen sind fast unwirksam, ebenso die Lösungen von Salicylsäure (3%), Borsäure[4]) (4%), benzoësaurem Natron (5%). Weit besser ist physiologische Kochsalzlösung (0,6%), die man durch Kochen oder im Dampf-Ofen zuverlässig gemacht hat.

Die keimfreie Behandlung erfordert Sorgfalt und Stetigkeit. Nichts ist schädlicher als, nach Art der Garköche, stets nach neuen Vorschriften zu haschen. Mit blindem Vertrauen hat man noch vor wenigen Jahren solche Mittel als antiseptisch gepriesen, die der physiologischen Kochsalzlösung — höchstens gleichwertig sind.

4) Auch Jodoform (CHJ_3) tödtet nicht die Keime, ja es ist

---

1) Catgut ist weniger schmiegsam, für die Schieloperation; auch nicht so einfach (durch Kochen) zu reinigen.

2) Das Carbolwasser (Aqua carbolisata) des deutschen Arzneibuches enthält drei Theile Carbolsäure auf 100 Theile Wasser.

3) Die geschlossenen Flaschen mit diesen schwächeren Lösungen (Carbolwasser 3:100, Sublimat-Augenwasser 1:5000) werden bei mir mittelst des heissen, strömenden Dampfes vorbehandelt: dann sind sie sicher keimfrei.

4) Borsäure (H_3BO_3). — Acidi borici 10,0: 1 Messerspitze voll auf eine Tasse Wasser, zu Umschlägen. (Billige Verordnung.) — Vielfach im Gebrauch war die folgende Vorschrift:

R) Acidi borici 3,0
Acidi salicyl. 1,0
Aq. dest. 100,0.
S. Antiseptisches (?) Augenwasser.

nicht immer keimfrei:[1]) allerdings macht es die Eiterbildung unschädlich oder unmerklich: vielleicht dadurch, dass es die Stoffwechselprodukte der Spaltpilze beeinflusst.

Jodoformpulver streute ich nicht, wie manche Fachgenossen thaten, auf die frische Schnittwunde des reinen Stars, sondern höchstens auf die des Schmutz-Stars[2]): doch habe ich es wieder aufgegeben, während Einzelne noch heute davon begeistert sind.

Einen besonderen Jodoformstreuer braucht man nicht für — das Auge, sondern nur einen sterilisirten getrockneten Pinsel. Auch der Hornhautabscess wird, nach dem Ausbrennen, mit Jodoformpulver bestreut. Ferner verunreinigte Wunden, in der Umgebung des Auges, nachdem sie, mit starker Sublimatlösung, kräftig ausgewaschen worden.

Jodoformbäuschchen (unmittelbar vor dem Gebrauch hergestellt, indem man die mittelst heissen, strömenden Dampfes vorgereinigten Florgewebestreifen in Jodoformpulver wälzt.) sind sehr nützlich zum Ausstopfen der entleerten Augenhöhle,[a]) da die Heilung erfolgt, ohne dass man etwas von Eiter merkt; und der Schnittwunden, die man wegen eitriger Knochenhautentzündung in der Umgebung des Augapfels angelegt hat.

a) nach Exenteratio orbitae.

Fast unentbehrlich ist Jodoformsalbe, 1) zum Verband von Lidoperationen, damit die eingepflanzten Lappen (namentlich die stiellosen) nicht an den Verbandstücken kleben bleiben: 2) gegen langwierige Entzündungen der Nasenschleimhaut, a) bei Star-Kranken, um üble Einwirkungen auf die Star-Schnittwunde zu verhüten: b) bei scrofulösen Kindern, um die Wiederkehr des Bläschencatarrhs[b]) abzuschneiden.

b) Kerato-conjunctivitis phlyktaenodes.

3) Jodoformii subtiliss. pulveris. 5,0
Ad vitrum. Mit Pinsel.

3a) Jodoformii subt. pulv. 1,0.
Amyli 4,0.

3b) Jodoformii 0,5,
Vaselini opt. 10,0.
S. Verbandsalbe (oder Nasensalbe).

1) Für wichtige Fälle (Star-Operation) liess ich mir 25 Gramm frisch in einen sterilisirten Kolben überdestilliren.

2) D. h. des mit Thränenschlauch-Eiterung verbundenen Stars. Diese Eiterung muss allerdings vor dem Star-Schnitt nach Möglichkeit verringert werden.

3c) Jodoformii fab. tonc. desodor.[1]) 0,5,
Vaselini opt. 10,0.
Mit kleinem Pinsel. Nasensalbe.

5) Von den entbehrlichen Mitteln möchte ich lieber gar nicht reden.

A. Hierher gehört das Pyoktanin.[2]) So nannte J. Stilling[3]) die arsenfreien Anilinfarbstoffe, das blaue Methylviolett und das gelbe Auramin, welche allerdings beim wissenschaftlichen Versuch die Eiterpilze[a]) in ihrer Entwicklung hemmen; aber in der praktischen Anwendung[4]) auf das septisch erkrankte Auge hauptsächlich nur Färbewirkung entfalten. Lösungen von 1:1000 werden vertragen und von Manchen gerühmt.

[a]) Staphylo- u. Streptococcus.

B. Von der Hoffnung beseelt, ein der 1 ‰ Sublimat- oder der 5 % Carbolsäure-Lösung gleichwerthiges, aber ungiftiges[5]) Mittel durch Mischung mehrerer, an sich schwächer wirkender Stoffe zu gewinnen, hat Rotter seine Pastillen hergestellt, deren jede enthält:

Zinc. sulfocarbol.,
Zinc. chlor. $\widehat{aa}$ 0,6,
Acid. boric. 0,4,
Acid. salicyl. 0,1,
Acid. citr. 0,01,
Thymol. 0,01.

Die Lösung von zwei dieser Pastillen auf 250 Gramm Wasser rühmt Nieden[6]) zur Reinigung der Hände, der Instrumente, des Bindehautsacks, der Verletzungs- und Operations-Wunden: während Eversbusch[7]) keinen Unterschied dieser Lösung von der physiologischen Kochsalzlösung bemerken kann.

II) Die zusammenziehenden Augenheilmittel[8])

spielen eine Hauptrolle in den Verschreibungen der praktischen Aerzte, noch heute, wie vor Jahrtausenden.

---

1) Für diejenigen Kranken, welchen der Jodoformgeruch zu unangenehm ist. Man kann auch das Kumarin, den Riechstoff der Tonkabohnen, des Waldmeisters u. a., oder Pfefferminz- oder Eucalyptus-Oel zu diesem Zweck verwenden.

2) Soll heisen Eitertod, von πῦον Eiter und κτείνω ich tödte.

3) Anilinfarbstoffe als Antiseptica. Strassburg 1890.

4) Braunschweig (A. Graefe), Fortschritte der Medizin, 1890, Nr. 11 u. 12.

5) Bei den kleinen Mengen von Sublimat und Carbol, die wir verwenden, kommen Vergiftungserscheinungen niemals vor.

6) C. Bl. f. A. 1889, S. 356 u. 1890, S. 230.

7) Ebendaselbst 1890. S. 130.

8) Collyria adstringontia. Κολλύριον bedeutet, wie das ägyptische aušš (Pap. Ebers), ursprünglich einen Teig, ein Brötchen, d. h. ein aus verschiedenen Stoffen zusammengeknetetes Heilmittel. Die örtlichen Augenmittel heissen bei Celsus Collyria oculorum. Später nannte man die flüssigen Augenheilmittel Hygrocollyria, die trocknen Xero-collyria. (Ὑγρός feucht, ξηρός trocken.) — Es ist ganz überflüssig, unsere wässrigen Lösungen der Zink- oder Blei-Salze Collyrien zu nennen, statt Augenwässer. — Das österreichische Arzneibuch hat ein Collyrium adstringens luteum (2,5 Zinc. sulf.; 0,75 Campher; 0,2 Safran; 40 Spiritus, 200 Wasser).

Aber es ist ein *Missbrauch*, bei *jeder* Klage über die Augen derartige Mittel, z. B. *Zinksulfatlösung*, zu verschreiben. Wirklich *angezeigt* sind sie bei den *absondernden Bindehautentzündungen*, die ja allerdings zu den allerhäufigsten Augenkrankheiten gehören.

Sodann muss man sie *richtig anwenden* und sich zunächst daran erinnern, dass die *zusammenziehenden* Mittel *Eiweiss fällen* und bei kräftiger Einwirkung das lebende Gewebe *anätzen*.

A. Metallsalzlösungen.

Es macht einen Unterschied, ob die wässrige Lösung des Metallsalzes, [1]) z. B. des Zinksulfat, mittelst der Umschläge eine Viertelstunde lang auf die Augapfeloberfläche einwirkt; oder ob nur einige Tropfen der Lösung 1 — 2 Mal täglich vom Kranken in den unteren Bindehautsack geträufelt werden; oder ob der Arzt selber eine einmalige Pinselung des oberen wie des unteren Bindehautsacks vornimmt und mit reinem Wasser nachspült.

Zu Umschlägen passt die Sättigung von 1 : 1000, zu Einträuflungen die von 1 : 500, zu Einpinselungen die von 1 : 100. Zu Umschlägen ist eine grössere Menge zu verschreiben (250 Gramm), zu Einträuflungen und Pinselungen eine kleinere (25 Gramm).

A. Zu den *Umschlägen* wird eine reine und reingehaltene Untertasse oder ein Schälchen mit der Lösung gefüllt, frisch geplättete Leinwandläppchen von Handtellergrösse, vierfach gefaltet, eingetaucht und feucht auf das Auge gelegt, auf jedes Auge eines; die Augen nach oben gerichtet, so dass ein Wenig von der Feuchtigkeit hineinkommt; nach einer Minute das Läppchen frisch eingetaucht, und dies etwa eine Viertelstunde lang fortgesetzt; dann die Lider abgetrocknet und das Schälchen entleert. —

B. Für die *Einträuflung* beherzige man, dass, um *Verpilzung* [2]) zu verhüten, 1) alle Augentropfwasser mit *frisch gekochtem* destillirtem Wasser zu bereiten und in frisch (zusammen mit dem Glas-

---

1) Die ungeheure Menge von *pflanzlichen* Mitteln dieser Art, welche leider die meisten Heilschriften der Griechen und Araber so schwer lesbar macht, und die sich bis in unser Jahrhundert hinübergerettet hat, ist zum Glück heutzutage aus unseren Arzneivorschriften geschwunden. Sogar der *Augentrost* (*Euphrasia*). — Das einzige, was *gelegentlich* noch Verwendung findet, ist die *Gerbsäure*: Acid. tannic., $C_{14}H_{10}O_9$; 1 Theil auf 25 Theile Wasser gelöst.

2) Die ich schon 1867 gefunden. — Die vom Apotheker bezogene Flasche voll Zinklösung verpilzt, auch uneröffnet, nach einigen Wochen. Die von mir im Heiss-Dampf-Ofen sterilisirte war nach Wochen noch vollkommen klar, obwohl sie inzwischen mehrfach geöffnet worden.

stöpsel) ausgekochte Fläschchen zu füllen sind; 2) dass bei der Einträuflung jede Verunreinigung zu vermeiden ist; 3) dass die Lösung regelmässig, nach ein bis zwei Wochen,[1]) zu erneuern und jedenfalls fortzuschütten ist, sowie sie anfängt, trüb zu werden.

Ist nur selten einzuträufeln, und ein einigermassen geschickter Mensch in der Umgebung des Kranken vorhanden; so kann man sich des Tropffläschchens bedienen, welches nur bei einer ganz bestimmten Drehung des Glasstöpsels aus einer eingeschliffenen Rinne den gleichförmigen Tropfen ausfliessen lässt, während natürlich durch eine andere, um 180 Winkelgrad von der ersten entfernten, an der Oberfläche des Stöpsels frei ausmündende Rinne eine entsprechende Menge Luft eintritt.[2])

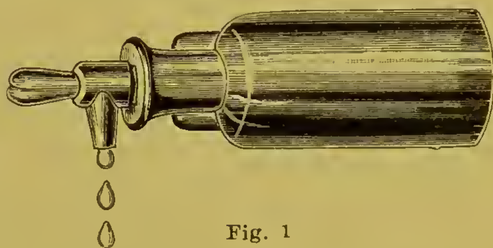


Fig. 1

Der Kopf des Kranken muss nahezu wagerecht liegen, das untere Lid abgezogen werden. Nach der Einträuflung wird der Stöpsel um einen rechten Winkel gedreht und so das Fläschchen fest, auch gegen Lufteintritt, verschlossen.[3])

Bequemer, da der Kranke hierbei sitzen kann, und leichter ist die Einträuflung mit dem Tropfglas:[a]) das ist ein beiderseits offenes, unten zugespitztes, aber abgeschliffenes, oben mit Gummikappe versehenes Glasröhrchen. Dasselbe ist dauernd unter Wasser aufzubewahren, und dazu täglich frisch gekochtes Wasser zu verwenden. Wer ganz sicher gehen will, lasse den Glastheil des Tropffläschchens

a) Pipette.



Fig. 2a.



Fig. 2b.

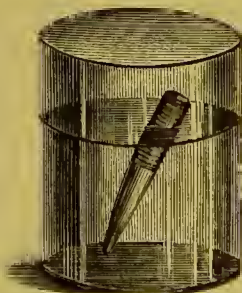


Fig. 2c.

täglich in kochendes Wasser, für eine Minute, einlegen. (Fig. 2, c ist das Tropfgläschen, in einer Glasbüchse mit Ueberfangdeckel).

1) Die Alkaloïdsalzlösungen (Atropin u. dgl.) lasse ich nach wenigen Tagen erneuern, in der Anstalt täglich.

2) Sehr gut sind die von Dr. L. Traube.

3) Um das Bestäuben der Luftöffnung zu verhüten, wird nach dem Gebrauch ein reiner Wattebausch um den Stöpsel gebunden.

Auch Fläschchen mit eingeschliffenem Tropfglas sind nützlich. (Fig. 2, a und b.) Aber um Uebertragung von Schleimtheilchen und Pilzen aus der Bindehaut in die Lösung möglichst zu verhüten, soll das Tropfglas, nach jeder Einträuflung, erst mit reinem (frisch abgekochtem) Wasser durchgespritzt werden, ehe es wieder im Fläschchen befestigt wird. Glasstäbchen sind leicht rein zu halten; doch nehmen sie immer nur einen Tropfen.

C) Die Pinsel (von 7,5 Ctm. Länge) werden vom Arzt durch Einlegen in starke Sublimatlösung gereinigt, oder durch einen kräftigen Wasserstrahl. Jeder Kranke erhält unbedingt seinen eigenen neuen Pinsel, zum ärztlichen Gebrauch.[1])

a) 4) Zinc. sulfur. 0,25
Aq. dest. 250,0.

S. Augenwasser zu Umschlägen, 3 Mal täglich, je 15 Minuten lang.

4a) Zinc. sulfur. 0,05
Aq. dest. rec. coct. 25,0.

D. Mit Tropfglas. S. Abends zwei Tropfen einzuträufeln.

4b) Zinc. sulfur. 0,25
Aq. dest. 25,0.

D. Mit Pinsel (7,5 Ctm.). S. Augenpinselwasser, zu Händen des Arztes.

b) Ziemlich gleichwertig mit dem Zinksulfat[2]) sind Bleiacetat, Kupfersulfat[3]) und Alaunkupfer. (Plumbum acetic. perfect.

---

1) Alle diese Kleinigkeiten sind sehr wichtig für die Praxis.

2) $ZnSO_4 + 7H_2O$. — Zink gehört zu den ältesten Augenheilmitteln. Bereits in dem ägyptischen Papyr. Ebers (1500 v. Chr.) spielt es eine Hauptrolle als Augenschminke unter dem Namen ḥetem, χatmi = καδμία, Galmei, Zinkcarbonat. Bei den alten Griechen stand hauptsächlich πομφόλυξ (Kupfer- und Zinkasche, Zinkoxyd, wörtl. Blase,) in Gebrauch und hohem Ansehen. (Vgl. z. B. Aëtius, VII, 10). In den mittelalterlichen Werkstätten der Scheidekünstler kam für die Zinkblume, ein unreines Zinkoxyd, der Name Nihilum album auf, der sich auf das geringe Eigengewicht bezieht; und das zweideutige Sprichwort: Nihilum conducit oculis. Noch in unseren Tagen fordert Einer „Nichts" in der Apotheke und erhält eine Lösung von schwefelsaurem Zink oder in Wasser aufgeschwemmtes Zinkoxyd. — Der Name Tutia für Zinkoxyd stammt aus dem Arabischen und ist noch in unserem Jahrhundert gebraucht worden. — Die Vorschrift 4a) rührt schon von A. G. Richter her.

3) Auch das Kupfer ist schon in den ältesten Augenheilmitteln der Aegypter und Griechen vertreten. Papyr. Ebers kennt: 1) uetú, Grünspan; 2) gesfen, Kupfervitriol; 3) χentē, Malachit, basisches Kupfercarbonat. Die Griechen gebrauchten: 1) ἰὸς χαλκοῦ Grünspan, Kupferacetat, a) ἰὸς ξυστός, b) ἰὸς σκώληξ. 2) χαλκάνθης Kupfervitriol (eisenhaltig); χάλκανθος ist eine solche Kupfervitriollösung: χαλκοῦ ἄνθος Kupferkörner. 3) χαλκῖτις wohl Kupfercarbonat. 4) λεπὶς χαλκοῦ Kupferhammerschlag. —

neutral. = Pb. 2 $(C_2H_3O_2) + 3H_2O$; Cuprum sulfur. = $CuSO_4 + 5H_2O$; Cupr. aluminatum). [1])

Der billigste Umschlag, von kräftig zusammenziehender Wirkung, ist

5) Liquor. plumbi subacet. 50,0

S. Fünf (bis zehn) Tropfen auf eine grosse Tasse voll Wasser, zu Umschlägen. [2])

(Bleiwasser, eine 2 % Verdünnung des Bleiessigs, wird gewöhnlich noch weiter verdünnt mit 2—3 Theilen Wasser und so zu Umschlägen auf das Auge verordnet, ist aber entbehrlich.)

Mit diesen Bleiumschlägen, dem Bleiwasser und dem Bleiessig in den erwähnten Verdünnungen, wird viel Missbrauch getrieben. Den meisten Kranken und auch vielen Aerzten scheint dies das beste, sowie ein Auge roth ist. Doch ist davor zu warnen bei Abschilferung der Hornhaut, in Folge von leichter Verletzung, oder bei Geschwürsbildung in der Hornhaut, wegen der Gefahr des kreideweissen Bleiniederschlags. (Incrustation.) — Weit besser sind verdünnte Chlorwasserumschläge.

c) Das allein herrschende Mittel gegen alle stärker absondernden Bindehautentzündungen ist die Einpinselung von Silbernitratlösung. [3])

Bei der einfachen Verschleimung der Bindehaut [a]) passt die Sättigung von 0,5 : 100; bei der Körnerkrankheit [b]) die von 1 : 100;

a) Catarrhus conjunctivae.
b) Trachoma.

---

1) Kupferalaun wurde seit dem vorigen Jahrhundert (St. Yves, Piderit, Beer u. a.) als der göttliche Stein, lapis divinus, gepriesen. Nach dem Arzneibuch des deutschen Reiches wird es aus 16 Theilen Kali-Alaun, 16 Theilen Kupfersulfat, 10 Theilen Kaliumnitrat zusammengeschmolzen und dann mit einem Theil Kampher und einem Theil Kali-Alaun gemischt. Es bildet hellgrünliche Stückchen oder Stäbchen. — Das schwefelsaure Kupfer ist reinblau.

2) Auch Bleiessig, Acet. plumbi, genannt. Dieser Bleiessig wird bereitet aus drei Theilen rohen Bleiacetats, einem Theil Bleiglätte (Bleioxyd) und zehn Theilen Wasser, enthält also basisch essigsaures Bleioxyd in wässriger Lösung. Bleiwasser, Aqua plumbi, wird bereitet aus einem Theil Bleiessig und 49 Theilen Wasser.

3) Argentum nitricum ($AgNO_3$), salpetersaures Silberoxyd. Von den Kranken als „Höllenstein" (lapis infernalis) gefürchtet. Doch ist das „höllische" Mittel wirksamer als das „göttliche"; und bei richtiger Anwendung nicht besonders schmerzhaft. Die gefährlichen Eiterungen der Bindehaut sind besonders erst seit der Mitte unseres Jahrhunderts, nachdem die örtliche Behandlung mit Höllenstein (namentlich durch A. v. Graefe) sorgfältiger ausgebildet worden, ihres Schreckens entkleidet und der ärztlichen Behandlung unterthan. Diese Behandlungsart ist ein Triumph des ärztlichen Wirkens, welcher sich ohne Scheu den besten operativen Leistungen zur Seite stellen darf. Vgl. A. f. O. I, 1, 199. (1854.)

Blenorrhoea conjunctivae.

bei dem Eiterfluss[a] die von 2:100.[1]) Aber es kommt nicht allein auf die Verschreibung an, sondern auch auf die Anwendung. Mit derselben Lösung kann der Arzt, je nachdem er rascher oder langsamer wieder abspült, entweder schwächere oder stärkere Wirkungen entfalten.

6a) Argenti nitrici 0,1
Aq. destill. 20,0.

In brauner Flasche.[2]) Mit Pinsel (von 7,5 Ctm. Länge).
Bei Catarrh. (1/2 %).

6b) Argenti nitrici 0,25
Aq. destill. 25,0.

In brauner Flasche. Mit Pinsel. — Bei Trachom. (1 %).

6c) Argenti nitrici 0,5
Aq. destill. 25,0.

In brauner Flasche. Mit 2 Pinseln. — Beim Eiterfluss. (2 %).

Durch den Arzt wird auf die Innenfläche der kunstgerecht umgestülpten Lider von der Lösung aufgepinselt, und der Ueberschuss bei a und bei b mit reinem Wasser abgespült; bei c mit gesättigter Kochsalzlösung, wobei unlösliches Chlorsilber in weissen, käsigen Flöckchen ausfällt.

b) Lapis infernal. purus.

Den Höllensteinstift, auch den gemilderten,[3]) den A. v. Graefe beim Eiterfluss bevorzugte, habe ich seit vielen Jahren gänzlich aufgegeben. Der reine Höllensteinstift[b]) wurde früher zur Zerstörung des vereiterten Thränensacks angewendet: für die Bindehaut eines noch hoffnungsvollen Auges ist er viel zu gefährlich. (Nur wenn durch Eiterfluss der eine Augapfel schon zerstört ist, der andere aber gesund geblieben; kann man zur rascheren Beseitigung des ansteckenden Eiters den reinen Höllensteinstift verwenden.)

Auch der einfach gemilderte Höllensteinstift (aus einem Theil Silber-, einem Theil Kali-nitrat) ist im Allgemeinen zu stark für das Auge. Der zweifach gemilderte

---

1) Es ist leicht zu behalten: 1/2, 1, 2 %.

2) D. in vitr. fusco. Verschreibt der Arzt, wie gewöhnlich, in vitr. nigr., so liefert der Apotheker doch meist eine braune Flasche. (Wer durchweg lateinisch verschreiben will, muss wissen, dass der Pinsel penicillum heisst.) Silbernitrat zersetzt sich unter dem Einfluss des Lichtes bei Gegenwart organischer Stoffe, wozu schon der Staub der Luft hinreicht. Die 1/2 procentige Lösung ist spätestens nach vier, die einprocentige Lösung nach zwei Wochen zu erneuern. Die zweiprocentige kann bis zu Ende aufgebraucht werden, wenn man für jede Pinselung zwei kleine Gläschen (Näpfchen) benutzt, eines zum Eingiessen der nöthigen Menge des Mittels, eines für die gesättigte Kochsalzlösung. Diese Gläschen und die Pinsel sind nach jedesmaligen Gebrauch sorgfältig zu reinigen. — Lösungen, die von vornherein unklar sind, muss man zurückweisen.

3) Argent. nitric. c. kalio nitrico (1:2). — Arzneibuch des deutschen Reiches.

(aus einem Theil Silber-, zwei Theilen Kali-nitrat) wurde beim Eiterfluss früher (von A. v. Graefe) statt zweiprocentiger Lösung des Silbernitrats; der dreifach gemilderte Stift (aus einem Theil Silber-, drei Theilen Kali-nitrat) bei der Körnerkrankheit statt der einprocentigen Lösung des Silbernitrats in Anwendung gezogen. Auch vier- und fünffach gemilderte Stifte waren vorräthig. Alle Höllensteinstifte werden rauh, bröcklig, wie verwittert an der Oberfläche; namentlich, wenn sie nicht ganz frisch sind. Deshalb wurde der Rath gegeben, den Stift vor dem Gebrauch einen Augenblick in Wasser zu tauchen und mit einem reinen Leinwandläppchen abzuwischen. Wenn aber trotzdem und trotz der nachträglichen Ausfällung mit der Kechsalzlësung doch kleine Bröckelchen des Hëllensteins in den Vertiefungen der geschwollenen Bindehaut zurückbleiben, so kann nachträglich eine Verätzung der Hornhaut eintreten.

Der Geübte mag den reinen oder mässig gemilderten Hëllensteinstift mit Sicherheit handhaben: für den angehenden Arzt sind die Lësungen weit zuverlässiger.

Silbernitratlösung, auf die Lidschleimhaut und Umschlagsfalte gepinselt, heilt den Eiterfluss des Auges. Dies ist eine seit langer Zeit sicher gestellte Thatsache. Schwankend waren aber die Meinungen über die Art dieser Wirkung.

Als man die „Contraction des aufgelockerten Zellsteffs“ [1]) schon wieder vergessen, und des „Centrastimulus“ sich zu schämen begann; da schien „die Zusammenziehung und rasche Flüssigkeitsentlastung der Bindehautblutgefässe“ [2]) eine brauchbare Formel abzugeben. Und nachdem die bestechende Vermuthung, dass der Höllenstein die Mündungen [a]) zwischen den Epithelzellen verstopfe und so den Eiterkörperchen den Austritt versperre, fast ebenso rasch, wie aufgestellt, auch schon wieder aufgegeben worden; möchte man heutzutage die Vernichtung der Eiter-(Tripper-) Pilze [3]) in den Vordergrund drängen. a) Stomata.

Jedenfalls wird durch Silbernitrat das lebende Eiweiss der oberflächlichen Deckzellen [b]) der Schleimhaut gefällt, die Zellen abgetëdtet [4]) und sammt den darin befindlichen Pilzen abgestossen. b) Epithelien.

Unmittelbar nach der Aetzung ist die geröthete, geschwollene Bindehaut von einer weisslichen, festhaftenden Schicht, dem Brandschorf, [5]) überzegen. Im Laufe einiger Stunden wird diese todte Masse abgestessen, die Schleimhaut ist wund und leicht blutend. Im Laufe einiger weiterer Stunden ergänzt die Oberfläche sich wieder, und allmählich kommt es von Neuem zur Eiterabsonderung. [6]) Jetzt muss

---

1) C. Graefe, augenärztl. Heilfermeln (1817), S. 139.

2) A. v. Graefe, Arch. f. O. I, 229 (1859). — Uebrigens ist Silbernitrat in der That das wirksamste Mittel, um die Blutgefässwände zusammenzuziehen, stärker als Bleiacetat und Eisenchlorid, wenigstens nach Untersuchung des curarisirten Frosches. (Resenstirn-Rossbach, 1876.)

3) Diese Annahme wird gestützt durch Crédé's Prophylaxe. (Einträuflung eines Tropfens der zweiprocentigen Silbernitratlösung in das Auge des soeben Geborenen verhütet den Ausbruch der Bindehauteiterung.) Versuche mit Reinkulturen des Gonococcus stehen noch aus.

4) Vgl. Presoroff, Arch. f. O., XI, 3, 154.

5) Eschara: ἐσχάρα wörtlich Feuerherd, übertragen Brandschorf, z. B. nach Aetzung der Bindehaut. So schon bei Hippocrates. (Von der Sehkraft, 4. — Ausg. v. Littré, IX, 156.)

6) Nur bei leichten und ganz frischen Fällen tritt nach der ersten Aetzung die Heilung ein. Für gewöhnlich ist die Aetzung kein „Abortivmittel.“

die Aetzung wiederholt werden, ehe der frühere Zustand wieder erreicht ist. So fällt die Krankheit treppenförmig ab und heilt etwa in ein bis zwei Wochen. In der Praxis genügt es meistens, einmal täglich die Aetzung vorzunehmen.

Bei lange fortgesetzter Einträuflung (Einpinselung) auch schwächerer Lösungen von Höllenstein tritt eine dauerhafte graue Verfärbung der Bindehaut[1]) auf, welche den Arzt gemahnt, ein anderes nicht färbendes Metallsalz, z. B. das Zinksulfat, in Anwendung zu ziehen.

B. Stifte.

Weit besser als die Höllensteinstifte und sehr nützlich, namentlich bei der Körnerkrankheit, ist der Kupferstift.

R. Cupri sulfur. bacill. laevigat. ad capsul. lign. Mit Pinsel.

Der Stift wird schön geschliffen, von der Gestalt eines vorn abgerundeten Kegels, in bequemer Holzfassung geliefert. Der Stift wird vom Arzt sanft über die Oberfläche der geschwollenen Bindehaut gestrichen, und mit Wasser nachgespült. Der angehende Arzt vergesse nicht, dass Touchiren eben — berühren heisst. Die Anwendung wird jeden zweiten Tag wiederholt.

Die Stifte aus Kupferalaun, aus Alaun, aus Zinksulfat sind entbehrlich.

C. Salben.

Zusammenziehende Salben statt der Lösungen anzuwenden, ist hauptsächlich nur in den seltenen Fällen angezeigt, wo bei langwieriger Körnerkrankheit der Kranke wirklich ausser Stand ist, regelmässig zum Arzt zu kommen, so dass ein Nichtarzt die örtliche Behandlung vornehmen muss.[2]) Für diesen ist es ja leichter, mit einem Glasstäbchen ein Wenig von der Salbe in den unteren Bindehautsack einzustreichen. Durch den Lidschlag wird die Salbe gleichmässig vertheilt und kommt auch mit dem oberen Bindehautsack in Berührung, — allerdings auch mit der Hornhaut. Deshalb sind Bleisalze zu vermeiden, Kupfersalze vorzuziehen, nur schwache, etwa zweiprocentige Salben zu verordnen, Zusatz von schmerzstillendem Cocaïn anzurathen. Nach $^1/_4$ Stunde ist der Rest der Salbe auszuwaschen und für $^1/_2$ Stunde kühle Umschläge aufzulegen. Die An-

---

1) Argyrosis, Versilberung genannt, von ἀργυρόω. Die dunkelgraue Verfärbung der Haut und der Schleimhäute, welche nach lange fortgesetztem innerlichen Gebrauch von Silbersalzen vorkommt, heisst Argyria. (Bei Strabo ist ἀργυρία ἀργύρου γενέθλη.) Schon die alten Griechen warnten vor echt färbenden Augenheilmitteln. (Aët. p. 131.) — Die genauere Beschreibung dieser Versilberung wird später folgen.

2) Mannhardt hat mit solchen Salben in Constanstinopel Tausende von Körnerkranken erfolgreich behandelt.

wendung geschieht täglich oder jeden zweiten Tag und ist auszusetzen bei stärkerer Reizung des Auges. Spätestens nach vier Wochen soll ein neues Salbentöpfchen besorgt werden. Von Zeit zu Zeit müssen die Kranken dem Arzt sich vorstellen.

Sehr grosse Sorgfalt ist auf die Salbengrundlage zu verwenden.

Die gewöhnlichen Fette, Butter und Schmalz, sind gut für die Küche; aber zu Augensalben nicht brauchbar. Denn sie werden zu leicht ranzig, d. h. unter Freiwerden der stark reizenden Fettsäuren zersetzt.

a) Das amerikanische Vaselin, ein aus den Petroleumrückständen gewonnenes Weichparaffin [1]) von butterähnlicher Beschaffenheit, schmilzt etwa bei 33—35 ^{0} C., bleibt an der Luft unverändert und wird nicht ranzig. Deshalb ist es zu Augensalben sehr geeignet; besser als das deutsche, welches erst bei 41—42 ^{0} C schmilzt.

Das deutsche Arzneibuch enthält nur die Paraffinsalbe[a]) welche aus 1 Theil festen Paraffins und 4 Theilen flüssigen Paraffins bereitet wird, zwischen 40 und 50 ^{0} C sich verflüssigt, also für unsere Zwecke zu starr ist [2]).

a) Unguentum Paraffini.

b) Lanolin, das gereinigte Schaafwollfett [3]), hat eine gute Salbenbeschaffenheit und grosse Brauchbarkeit, obwohl es gelegentlich im Bindehautsack Reizung verursacht.

Von älteren Salbengrundlagen verdienen noch Beachtung:

c) die Glycerinsalbe[b]) welche aus 10 Theilen Weizenstärke, 15 Wasser, 100 Glycerin, 2 Traganth, 5 Weingeist, unter Erhitzen, dargestellt wird.

b) Ung. Glycerini.

d) Coldcream,[c]) aus 4 Theilen Wachs, 5 Walrat, 32 Mandelöl, 16 Wasser bereitet. (Zu 50 Gramm dieser Salbe mischt man 1 Tropfen Rosenöl. — Doch ist für das Auge der Duft entbehrlich).

c) Ung. leniens.

7) Cupri sulf. 0,25—0,5
Ung. Glycerini 10,0.
Mit Glasstäbchen.

1) Paraffine sind Kohlenwasserstoffe, die bei der trockenen Destillation organischer Stoffe gewonnen werden. Von Alkalien und Säuren werden sie nicht verändert. Daher der Name: parum affinis. — Vaselin ist bekannt seit 1876. (Ausstellung in Philadelphia.)

2) Man kann die Salbenfette eintheilen in butterartige mit einem Schmelzpunkt von 30—40 ^{0}, talgartige mit einem Schmelzpunkt von 40—50 ^{0}, wachsartige mit einem Schmelzpunkt von 50—60 ^{0}. Nur die erste Art ist für unsere Zwecke gut brauchbar.

3) Fettsäureverbindungen (Aether) der als Cholestearin und Isocholestearin bekannten Alkohole.

7 a) Cupri sulf. 0,25
Cocaïni hydrochlor. 0,25
Ung. Glycerini 10,0.

Auf den Lidrand hat man seit Jahrtausenden Salben und Schminken[1]) aufgestrichen. In der That ist für die Lidrandentzündung das geeignetste Mittel die zusammenziehende Salbe. Dieselbe wird Abends auf die Aussenseite des Lidrandes aufgestrichen und Morgens mit einem Bäuschchen sterilisirter Verbandwatte wieder abgetupft. Die Salbe sei zweiprocentig. (Einprocentig wird sie gegen die Bindehautbläschen[a]) der Kinder in den Bindehautsack eingestrichen). Quecksilberoxyd ist das beste Mittel für diese gelben[2]) Salben, schon seit den Tagen von Boerhave, Richter und A. Schmidt[3]).

[a]) Phlyktaenen.

8) Hydrarg. oxyd. flavi
viâ humidâ parati 0,05—0,1
Ung. lenient. 5,0.

Durch den Versuch kann man sich leicht überzeugen, wie viel besser diese Salbe wirkt, als das ältere Ung. ophthalmic. (Hydr. oxyd. rubr. 1, Butyr. insuls. 30.) Vollends ist die rothe Quecksilbersalbe (Ung. Hydrarg. rubr.) des neuen deutschen Arzneibuches — aus 1 Theil rothem Quecksilberoxyd und 10 Theilen Paraffinsalbe — zu stark und zu starr für unsere Zwecke. Auf unserem Gebiet ist sorgfältige Auswahl von grösster Wichtigkeit.

E. Pulver.

Von zusammenziehenden Pulvern sind nur wenige empfehlenswerth[4]).

9) Zinc. oxyd. 1,0
Amyli 4,0.

In Flasche, mit Pinsel. Ein bis zwei Mal täglich auf die Haut der Lider zu stäuben. (Bei juckendem Ausschlag, Eczem).

---

1) Die alten Aegypter bevorzugten dazu Antimon. (Das berühmte mstm, stm. στίμμι.) — Die Vorschrift Antimonii crudi laevigat. Scrup. 1, Cerat. Drachm. 1, als Lidsalbe hat sich bis zu unserem Jahrhundert erhalten. (Formulaire à l'usage des hôp. milit. franç.)

2) Graue Verfärbung bedeutet Verderbniss der Salbe.

3) Auch nach dem älteren Pagenstecher wird sie benannt. — Sie ist übrigens ein beliebtes Allheilmittel mancher Quacksalber.

4) Gepulverter Bleizucker (Bleiacetat), noch in neueren Lehrbüchern empfohlen, ist — ein Pferdemittel.

10) Hydrarg. chlorat.[1]), vapore parat., 5,0.
In Flasche. Mit feinem Pinsel.

Beim Bläschencatarrh[a]) der Kinder wird eine zarte Wolke des Pulvers auf die Augapfeloberfläche gestäubt. (Der Pinsel wird dazu in die Flasche getaucht, durch Anschlagen des Mittelfingers in die Luft ausgestäubt, und der Rest des Pulvers durch ein zweites Anschlagen des Fingers in das Auge gebracht. Es ist durchaus nöthig, das durch Dampf bereitete Quecksilberchlorür[2]) zu verschreiben und in einer geschlossenen Flasche aufzuheben, weil es sonst, durch Wasseranziehung, zu Klümpchen sich zusammenballt. Das Mittel ist schmerzlos und braucht nicht wieder ausgewaschen zu werden.

a) Conjunctivitis phlyktaenodes.

Die Wirkung ist eine chemische. Das in Wasser völlig unlösliche Calomel geht, in Gegenwart der kochsalzhaltigen thierischen Säfte und unter Einwirkung der im Bindehautsack des Warmblüters vorhandenen Temperatur, theilweise (unter Abspaltung von Quecksilber) in lösliches Sublimat über, das, in statu nascendi, seine zusammenziehende Wirkung auf die Bläschen und die erweiterten Blutgefässe der Bindehaut entfaltet. Die Reaction ist nachträglich auch in der Retorte gelungen[3]).

Stäubt man täglich Calomel in den Bindehautsack ein, so lässt sich Sublimat im Harn nachweisen, wenn man grössere (etwa achttägige) Harnmengen mittelst eines feineren Verfahrens, z. B. mit Messingwolle, untersucht.[4])

Wenn Calomel in den Bindehautsack gestäubt, und innerlich ein Jodpräparat verabreicht wird, soll Aetzung der Bindehaut durch Jodquecksilber entstehen.

Falls, wie gewöhnlich, einige Stunden, nachdem das Jodpräparat eingenommen worden, der Arzt die Einstäubung des Calomel vornimmt; so ist eine Anätzung der Bindehaut nicht zu beobachten, da das Jodkali zu schnell wieder ausgeschieden wird. Nur wenn ich, zum Versuch, einen Esslöffel voll Jodkalilösung (5 : 250) oder einen Theelöffel voll verdünnten Jodeisensyrups (10 : 50) unmittelbar vor der Einstäubung einnehmen liess; trat nach wenigen Minuten Reizung und Thränen des Auges ein: das (bläulich verfärbte) Calomelflöckchen musste ausgewaschen werden; die Heilwirkung war trotzdem, bei Hornhautflecken, recht günstig. Giesst man auf

1) Quecksilberchlorür, Calomel, Hg. chlor. mite.
2) Calomel. subtiliss.
3) Fleischer, deutsch. med. W. 1885.
4) Kämmerer, Virchow's Arch. B. 59, S. 459. Alsberg, Knapp's Arch. IX, 413.

Calomel eine kochsalzhaltige Jodkalilösung, so tritt eine ähnliche Verfärbung und Zersetzung ein. (Vergiftungsversuche bei Thieren sind für diese Frage unnöthig und unbrauchbar). Stärkere Anätzung der Bindehaut muss eintreten, wenn dem milderen Quecksilberpräparat der „ätzende“ Bruder, das Quecksilberbichlorat, beigemengt war! Das kommt bei uns nicht vor. —

Zu den zusammenziehenden Mitteln gehört auch die Kälte[1]).

Kühle Wasserumschläge werden bei einfacher Bindehautverschleimung zwei bis drei Mal täglich, je $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde lang angewendet: ein grosser, sauberer Napf wird mit reinem, kühlem Wasser gefüllt; reine (geplättete) Leinwandläppchen von Handtellergrösse, vierfach gefaltet, werden (mit reiner Hand) eingetaucht, sanft ausgedrückt, auf das Auge gelegt, nach einer Minute wieder frisch eingetaucht, u. s. w.

Kalte Waschungen sind diesen Kranken angenehm, Augen-Wännchen und -Bäder nicht mehr in Gebrauch. Empfindlichen Kranken, namentlich des weiblichen Geschlechts, kann man auch die Brause[a]) verordnen und sie — dadurch befriedigen: ein Standgefäss voll kühlen Wassers wird hochgestellt, einige Fuss über den Kopf des Kranken; eine knieförmige Glasröhre in das Wasser eingetaucht, und mittelst eines an der Röhre befestigten Gummischlauches mit siebförmig durchbohrter Endplatte der Sprühregen des kühlen Wassers aus der Entfernung von etwa zwanzig Ctm. für fünf Minuten gegen die geschlossenen Lider geleitet[2]).

a) Douche.

Bei dem Eiterfluss der Bindehaut sind Eisumschläge angezeigt. Dieselben werden in den ersten zwei Tagen der Erkrankung ziemlich ununterbrochen angewendet: Leinwandläppchen, auf reinem Blockeis gekühlt, werden auf das Auge gelegt und immer nach einer Minute gewechselt. Es genügt meistens, die Umschläge vier bis fünf Mal täglich, je eine Stunde lang, auch Nachts zwei bis drei Mal, je $^1/_2$ Stunde lang, anzuwenden. Sowie die Krankheit abnimmt, werden die Umschläge weniger lange und weniger kalt gemacht.

Durch Eisumschläge wird die Bindehauteiterung beschränkt, durch heisse Breiumschläge befördert oder hervorgerufen.

Werden aber Eisumschläge bei blossem Bindehautcatarrh Tag und Nacht fortgesetzt, so entsteht Anschwellung der Lider und der Augapfelbindehaut[b]).

b) Eis-Oedem.

---

1) Zu den erschlaffenden die Wärme.

2) Flüssigkeits-Zerstäuber werden gerühmt und angewendet gegen Hornhautfell nach der Körnerkrankheit.

Eisbeutelchen und Leiter'sche Metallröhren, die stets von kühlem Wasser durchströmt werden, sind weniger geeignet; das Auge verträgt selbst mässigen Druck [1]) nicht gut.

III. Die entzündungswidrigen [2]) Augenheilmittel

sind vielfach überschätzt worden.

Der Aderlass [3]) schien noch im ersten Drittel unseres Jahrhunderts ganz unentbehrlich gegen Eiterfluss des Auges; und doch sind dabei Hunderte, ja Tausende erblindet. Den Aderlass musste ich noch bei Wundschmerz nach Star-Schnitt, als Assistent von Graefe's, [4]) anwenden; die Erfolge blieben ohne das heroïsche Mittel genau so wie zuvor. Ich wüsste keinen Fall, wo wegen Augenkrankheit [5]) der Aderlass zweckmässig wäre.

Auch Blutegel [6]) bis zur Ohnmacht (zehn bis zwanzig und mehr) sind völlig wirkungslos gegen Augenentzündung, z. B. Augentripper. Nur der entzündliche [a]) Schmerz, der bei Betastung des Augapfels lebhaft hervortritt, wird durch Blutegel gelindert. Vier Blutegel

[a]) Bei Keratitis, Iritis.

---

1) Deshalb ist auch die sogenannte Massage des Auges nur mit Vorsicht anzuwenden. Das Reiben und Drücken des (cocaïnisirten) Augapfels kommt in Betracht bei Gefässverstopfung [b]); das Reiben der Hornhaut, auch mit Quecksilbersalben, bei Fell [c]) und Trübung der Hornhaut; das Reiben der Bindehaut, auch mit Aetzmitteln, bei der Körnerkrankheit. [d])

2) Antiphlogistica, von ἀντί wider und φλογίζω ich brenne. — (Das Wort ist neu und mittelmässig. — Ἀντιφλογίζω, vicissim flagro, Thes. ling. graec.).

3) Die alten Griechen sagten fast bei jeder Augenkrankheit θεραπεύειν δὲ φλεβοτομοῦντα ἀπ' ἀγκῶνος, während die noch älteren Aegypter fast nur örtliche Mittel gegen die Augenleiden anwendeten.

4) A. f. O. IX, 2, 132. (Vier bis sechs Unzen.) Da bei den greisen Staroperirten häufig Delirien eintraten, erbat und erlangte ich das Aufgeben des Aderlasses.

5) Ueberhaupt kein chirurgisches Leiden, keine Art von Entzündung äusserer oder innerer Theile, — sondern lediglich die Erstickungsgefahr.

6) Blutegel werden schon bei Hippocrates erwähnt (Prorrhet. II., 47; A. v. Littré, IX, 44): doch als Heilmittel zuerst bei Themison (im ersten Jahrh. v. Chr., vgl. Cael. Aur., m. chron. I. 1, p. 286, Ed. Amman) und bei Aretaeus (im ersten Jahrh. n. Chr., A. v. Kühn, S. 275, 290, 337). Ihre vollständige Anwendung lehrte Galen (im zweiten Jahrh. n. Chr., A. v. Kühn, B. XI. S. 317—19), einschliesslich der in unserem Jahrhundert „erfundenen" Bdellotomie. Bei Augenentzündungen wurden von den Griechen Blutegel nicht angewendet, desto mehr von unseren unmittelbaren Vorgängern. Vgl. Jüngken, Augenop. 1829, 67—80: „Die Blutegel bieten eines der unentbehrlichsten Heilmittel, dem unzählige Kranke die Erhaltung ihrer Augen zu danken haben." Ich sah noch Kranke, denen J. einen Centner Blut entzogen hatte, — natürlich nicht auf ein Mal.

[b]) Embolie u. Thrombose d. Netzhautarterien.
[c]) Pannus.
[d]) granulöse Bindehautentzündung.

werden (Abends) dem Erwachsenen an die Schläfe gesetzt, da wo dem Mann der Backenbart spriesst: nicht näher zum Lidwinkel, weil sonst Lidschwellung[a] erfolgt; nicht an das Nasenloch, weil dies ganz unwirksam scheint; und nicht an den Augapfel, weil dies gefährlich ist.[1])

a) Oedem.

Der künstliche Blutegel,[2]) welcher aus zwei Theilen besteht, dem (entweder durch Abrollen einer Schnur oder durch eine aufgezogene Feder in Bewegung gesetzten) kreisförmigen Locheisen und dem Sauger, dessen Glascylinder 30 Gramm fasst, war[3]) und ist bei vielen Aerzten beliebt gegen die inneren Augenentzündungen.

Die einzige sichere Wirkung, die ich von dem künstlichen Blutegel gesehen, besteht in den hässlichen Narben der Schläfenhaut.[4]) Mitunter fand ich auch, dass man junge Mädchen, — ganz überflüssiger Weise, wegen der Dehnungserscheinungen in der Netzhautmitte des kurzsichtigen Auges, die irrthümlich als Netzhautentzündung bezeichnet werden, — durch fortgesetzte Anwendung dieses „Heurteloup“ blutarm gemacht hat.

Wenn in neueren Lehrbüchern der Augenheilkunde Blutentziehungen[5]) noch gepriesen werden, während sie sonst aus der Heilkunde so ziemlich verschwunden sind; so beweist dies mir nur, dass in den letzten Jahren die Augenheilkunde, etwas zu stolz auf ihren

---

1) Jüngken, Augenop., S. 69: „Bei eingewurzeltem Pannus hat man mit Erfolg Blutegel selbst an den Augapfel gesetzt.“

A. v. Graefe führt einen Fall an, in welchem ein Wundarzt den Blutegel an den Augapfel gesetzt und Erblindung des letzteren bewirkt hatte. Dasselbe Unheil ist auch in Belgien (von Lebrun) einmal beobachtet worden.

Talko (C. Bl. f. A. 1882, S. 400) fand bei Russen, die sich dem Kriegsdienst entziehen wollten, in der Hornhautmitte die dreistrahlige Narbe des Blutegelbisses und eine entsprechende Kapseltrübung. Kaninchenversuche ergaben, dass, wenn der Blutegel an der Hornhautrand gesetzt wird, Blutungen in die Vorderkammer, in den Strahlen- und den Glaskörper erfolgen.

2) Von Heurteloup, Paris 1840.

3) Auch A. v. Graefe huldigte dieser Ansicht; doch ist seitdem ein Menschenalter vergangen.

4) Allerdings bewirkten die alten Griechen noch stärkere, ja geradezu grässliche Narben am Kopf zur vermeintlichen Heilung von Augenentzündung. (Man lese z. B. in der Chirurgie des Paullus von Aegina die Abschnitte über Arteriotomie, Angiologie, Hypospathismus, Periskyphismus). Und die Sudan-Neger machen sogar zur Verhütung von Augenentzündung drei grosse, senkrechte Schnitte in der Schläfengegend. Aber wir brauchen dies nicht nachzuahmen.

5) Die vorübergehende Verengung von Aderhautgefässen, welche Schneller (A. f. O. III, 2, 176) nach Blutentziehung, beim Kaninchen, mit dem Augenspiegel beobachtet hat, ist für das Heilen nicht zu verwerthen.

Ruf, und von der allgemeinen Medicin etwas zu sehr losgelöst, — in mancher Hinsicht an den Fortschritten der letzteren nicht theilgenommen hat. Wenn man noch heutzutage die natürlichen Blutegel gegen die äusseren Augenentzündungen preist und gegen die inneren nur die künstlichen Blutentziehungen empfiehlt; so ist das nichts anderes, als ein verbreitetes Vorurtheil.[1])

Trockne Schröpfköpfe an die Schläfe oder in den Nacken können die Kranken beschäftigen, zerstreuen, befriedigen; eine Heilwirkung bei Augenkrankheiten besitzen sie nicht. Der Schröpfstiefel[2]) wurde noch von meinem Lehrer Jüngken angewendet, um das Blut vom Auge abzuleiten.

Heutzutage schämt man sich dessen, verschreibt aber ableitende Fussbäder von 30° C. mit Scheidewasser (einem Theelöffel voll) oder (was jedenfalls besser ist,) mit einer Hand voll schwarzen Senfs, vor dem Schlafengehen zehn Minuten lang anzuwenden.

Blasenpflaster hinter den Ohren machen Eiterung, Eczeme, gelegentlich selbst einen gefährlichen Rothlauf; aber gegen chronische Augenentzündung wirken sie ebenso wenig wie Haarseilchen an den Schläfen, oder im Nacken, oder Brandwunden am Rücken, oder künstliche Eiterungen[a]) am Arm[3]) oder wie Brech-, Abführ- oder Schweissmittel.

[a]) Fontanellen.

Von den schweisstreibenden Mitteln kann man wenigstens zur Aufsaugung krankhafter Ausschwitzungen, z. B. bei Netzhautablösung, Gebrauch machen.

11) Pilocarpini hydrochlorici 0,1
Aq. dest. (rec. coct.) 5,0.

Hiervon wird dem Erwachsenen jeden zweiten Tag eine Spritze[4]) voll (1 Gramm der Lösung, d. h. 0,02 des Pilocarpinsalzes, die grösste Einzelgabe des deutschen Arzneibuches,) unter die Haut gespritzt.

---

1) Vgl. die Inaug. Diss. von Niessen, Bonn 1891. Die lebenden Blutegel bewirken langsame Entziehung einer grösseren Menge Blutes, ihre Wirkung ist eine depletorische. Der künstliche Blutegel entzieht schnell das Blut, aber im ganzen wenig; setzt temporäre Anaemie mit nachfolgender Hyperaemie, wirkt also nicht depletorisch, sondern resorptionsbefördernd.

Das liest sich wie ein alter Araber oder wie ein Naturphilosoph vom Anfang unseres Jahrhunderts.

2) Von Junod, Revue médicale, Paris 1851, Sept.

3) Oder wie Ohrringe bei uns und Amulette im Morgenland.

4) Das erste Mal 3/4 Spritze voll. — Jaborandi heissen in Brasilien die Blätter eines dort einheimischen Strauches. (Pilocarpus pennatifolius, Rutac.) Ihr wirksamer Bestandtheil ist das Alkaloid Pilocarpin, $C_{11}H_{16}N_2O_2$. Wenige Minuten

Bequemer ist es für die meisten Menschen, ein bis zwei Gramm salicylsauren Natrons in heissem, dünnem Thee oder Kaffee einzunehmen und sich gut in Decken zu hüllen. Gewöhnlich erfolgt danach ergiebiges Schwitzen.

Natürlich, wenn Störung des Allgemeinzustandes Augenkrankheit verursacht hat, wird man durch Besserung der Gesundheit auch die Augen bessern: insofern können, neben den örtlichen, auch innerliche Mittel der verschiedensten Art, auflösende, abführende, stärkende, blutbildende, und selbst Bäderkuren, für Augenkranke in Betracht kommen.

IV. Specifische[1]) Augenheilmittel

giebt es nicht,[2]) eher specifische Augenkrankheiten. Namentlich die syphilitischen pflegt man heutzutage so zu nennen, während früher jenes Beiwort eine umfassendere Bedeutung besass.

A) Syphilitische Augenentzündungen sind sehr häufig. Meist sind sie secundär. Die Primärgeschwüre der erworbenen Syphilis kommen in der Augengegend, aus leicht begreiflichen Gründen, nur selten vor. Aber viel zahlreicher, als man früher gedacht hat, sind Augenleiden in Folge von angeborener Syphilis.

Das Heilmittel der syphilitischen Augenentzündungen ist Quecksilber. Dieses wirkt in manchen Fällen wahrhaft Wunder. Sogar vollständige Erblindungen aus dieser Ursache werden in kurzer Zeit und selbst dauernd geheilt. Es ist ungereimt, bei syphilitischer Entzündung der Ader- und Netzhaut den Kranken statt des Heilmittels ein Recept, welches nicht hilft, z. B. Jodkali, zu verschreiben.

Ich bevorzuge die Einreibungscur. Erwachsene erhalten zwei Mal täglich je zwei Gramm grauer Salbe an den verschiedenen Körperstellen[3]) eingerieben, fünf Tage lang, dann ein Bad und drei

---

nach der Einspritzung beginnt Schweiss und Speichel und dauert ein bis zwei Stunden. (Es wird ungefähr $1/2$ Liter Schweiss und noch mehr Speichel abgesondert.) Eine unangenehme Begleiterscheinung ist Erbrechen, das namentlich dann auftritt, wenn man gleich das erste Mal die volle Gabe verabreicht. — Bei Herz- und Nierenleiden ist diese Behandlung zu vermeiden.

1) Für specialis, eigenartig, wurde im Mittelalter specificus eingeführt. Die Aerzte des sechzehnten Jahrhunderts bemächtigten sich des Wortes, um eine besondere Heilwirkung eines bestimmten Mittels für eine bestimmte Krankheit zu bezeichnen.

2) So bestimmt unsere wissenschaftlichen Grossväter dies auch behauptet haben. (Vgl. Himly Augenkr. 1843, I, 34).

3) Stirnsalben sind nicht ganz ohne Wirkung, aber die zusammengesetzten Formeln der früheren Schulen haben keinen Sinn.

Tage Ruhe: so acht bis zwölf Wochen hindurch. Für Mundpflege und regelmässigen Stuhlgang ist Sorge zu tragen. Auch bei Durchfall gebe man Ricinusöl.

Grössere Kinder erhalten ein (oder zwei) Mal täglich ein Gramm grauer Salbe; kleine 0,75 Gramm; Säuglinge 0,5 Gramm. Bei Kindern tritt Mundentzündung so gut wie niemals ein, bei Erwachsenen selten.

Zur Unterstützung der Einreibungskur dient der innerliche Gebrauch von Jodkali[1]) (2—5 Gramm, selbst 10 Gramm täglich für Erwachsene) und Schwitzen mit Holzthee.

Die Nachbehandlung dauert, wenn dies möglich ist, zwei bis drei Jahre: alle drei Monate erfolgt eine gelinde Einreibungskur von mehrwöchentlicher Dauer. In der That habe ich dabei etliche Fälle von syphilitischer Erblindung fünfzehn bis zwanzig Jahre lang nach der Heilung ohne jeden Rückfall der Grundkrankheit beobachtet.

Auch die Einspritzungen von Quecksilber unter die Haut sind recht wirksam; die unter die Bindehaut des syphilitisch erkrankten Auges werden empfohlen, müssen aber mit grosser Vorsicht gehandhabt werden, und scheinen mir im Allgemeinen entbehrlich zu sein; aber durch innerlichen Gebrauch von Quecksilbermitteln vermag man schwere Augenentzündungen dieser Art nur selten zur Heilung zu bringen.

12) Hydrarg. bichlorat. 0,1
Aq. dest. 10,0[2]).

Hiervon wird jeden zweiten Tag eine halbe bis ganze Spritze voll (0,005 bis 0,01 Sublimat) unter die Haut des Gesässes, bezw. in die dicken Gesässmuskeln, eingespritzt.

R. Ung. ciner.
Ung. rosat. $\widehat{aa}$ 5,0
S. Abends eine Bohne gross in die Stirn zu reiben.

Vor Jodkali- und Veratrin-Stirn (oder Lid-)salben ist zu warnen, da sie Reizung verursachen.

Statt der balsamischen Stirneinreibungen (Mixt. oleosobals. 10, Spir. Lavandul. 150) bediene man sich des Kölnischen Wassers.

1) Man lässt das Salz in einer Flasche voll Selterswasser mit Patentverschluss auflösen und die Lösung als Getränk verbrauchen. — Einträuflung einer Jodkalilösung (0,1:10,0) in den Bindehautsack wirkt nicht gegen Glaskörpertrübung, nicht ein Mal gegen Hornhautflecke.

2) Man kann auch Natrii chlorati 1,0 hinzufügen, oder die Quecksilbercyanidlösung (Hydrarg. cyanat. 0,1: Aq. dest. 10,0) anwenden. — Die grösste Einzelgabe des Sublimat ist 0,02.

Zur Einspritzung unter die Bindehaut wählt man die Lösung des Sublimat von 1 : 5000 [0,02 : 100.0] und verabreicht davon 2—4 Tropfen; die Einzelgabe ist also ungefähr $^1/_{20}$ Milligramm (0,00005); 3—4 Einspritzungen sollen genügen. (Snellen, Darier.).

Man kann sich dazu einer (zweiprocentigen) Cocaïnlösung in Sublimataugenwasser (1 : 5000) bedienen, wie ich sie später in der Vorschrift 20 a angeben werde.

13) Hydrargyri bichlorati 0,15
Mass. pilul. q. s. ut f. pilul. Nr. XXX.
S. Täglich 2—3 Pillen zu nehmen.

14) Hydrargyri bijodati 0,15
Kalii jodati 1,5
Mass. pil. q. s. ut f. pilul. Nr. XXX.
S. Wie bei 13.

15) Hydrarg. bijodat. 0,25
Kalii jodati 2,5
Aq. dest. 10,0
Syrup. simpl. 50,0 .
S. Täglich 1 Theelöffel voll zu nehmen. (A. v. Graefe.)

Quecksilberpräparate werden als auflösende Mittel gegeben, auch wenn der syphilitische Ursprung der hartnäckigen Augenentzündung nicht nachgewiesen werden kann, — aus Verlegenheit, und doch vielfach mit Erfolg, wie seit Jahrhunderten bekannt ist.

Zur örtlichen Einreibung, behufs Auflösung von Hornhautflecken und der sogenannten parenchymatösen Hornhautentzündung, wenn stärkere Reizung fehlt, dient die folgende Salbe:

16) Ung. Hydrarg. ciner. 1,0
Vaselini flav. 2,0
Lanolini 1,0.

Von der weichen Salbe wird etwas auf die Hornhaut gestrichen und entweder mit der Fingerkuppe oder mittelst der Lider des Kranken eingerieben, 1—2 Minuten lang, jeden Tag, einige Wochen hindurch.[1])

Aber die akute Mercuralisation (zweistündlich eine Einreibung von zwei Gramm grauer Salbe, bis zum Beginn des Speichelflusses, nach 24 oder 36 Stunden,) hat ihren früheren Ruf eingebüsst; sie heilt weder die Vereiterung des Auges nach Star-Operation, die ja auf Wundvergiftung beruht, noch den gefährlichen Augentripper, der

1) Mitvalsky, C. Bl. f. A. 1892. Febr.

vom Eindringen des Tripperpilzes in den Bindehautsack abhängt, noch die stürmischen Ausschwitzungen der Regenbogenhaut, welche die ganze Vorderkammer füllen. Bei den letzteren ist weit nützlicher das salicylsaure Natron (zwei bis fünf Gramm auf einmal), das eine, wenngleich nicht specifische, so doch äusserst heilsame Wirkung gegen die sogenannten rheumatischen Augenentzündungen entfaltet.

B) Wenn Sumpfgift[a] gelegentlich Hornhautentzündung oder durch das Mittelglied der allgemeinen Blutleere[b] Entzündung des Sehnerven oder der Netzhaut bewirkt hat; so ist den sonstigen Heilmitteln jedenfalls das eigenartig auf die Krankheitserreger[1]) des Wechselfiebers wirkende Chinin[2]) hinzuzufügen.

a) Malaria.
b) Anaemie

C) R. Koch[3]) hat gelehrt, durch subcutane Einspritzung des aus der Reincultur von Tuberkelbacillen gewonnenen Tuberculin (Anfangsgabe $^1/_{10}$ Milligramm der concentrirten Flüssigkeit,) die Tuberculose der verschiedensten Theile des Menschen eigenartig zu beeinflussen: es erfolgt Entzündung und Abtödtung des tuberculösen Gewebes, während die Bacillen nicht getödtet werden. Sichere Heilwirkungen bei Tuberculose im Innern oder an der Oberfläche des menschlichen Augapfels sind bisher auf diesem Wege nicht erzielt worden.

Weitere Prüfungen scheinen nothwendig. Die Sache ist nicht zu Ende, sondern erst am Anfang. Auch die Lepra des Auges scheint durch Tuberculin wirksam beeinflusst zu werden.

V. Die Betäubungsmittel.[4])

Fürwahr, nicht die unwichtigste Aufgabe des Arztes ist Beseitigung des Schmerzes; hierdurch wird gleichzeitig die Heilung

---

1) Plasmodium malariae. (Wird zu den Amoeben, Protisten, niedersten Thieren gerechnet.)

2) Einzelgabe des Chininsulfats 0,5 bis 1,0. — In übergrosser Gabe (fünf bis zehn Gramm auf einmal, oder an einem Tage,) macht Chinin, durch Zusammenziehung der Netzhautblutgefässe, Sehstörung, selbst vollständige doppelseitige Erblindung, die aber nach einigen Wochen wieder schwindet und nach einigen Monaten der nahezu völligen Heilung oder erheblichen Besserung Platz macht.

3) Deutsche med. W. 1890 Nr. 49a. Vgl. R. Koch's Heilmittel gegen Tuberculose, Berlin und Leipzig 1890, elf Hefte; u. C. Bl. f. A. 1891 S. 12, 42, 99, 161, 168, 193. — Kritiklose Schnellveröffentlichungen von einzelnen Augenärzten haben nur geschadet. Heilung von Augentuberculose bei Menschen durch Tuberculineinspritzung kenne ich nicht. Die künstliche Impftuberculose des Kaninchens kann durch frühzeitig begonnene, regelmässig mit steigender Gabe festgesetzte Tuberculineinspritzung unter die Haut gebessert, ja geheilt werden. (Doenitz, Deutsche med. W. 1891 N. 47).

4) Ναρκωτικά, von νάρκη, die Betäubung. (Galen. X, 817, — gegen Augenschmerz.)

befördert. Von den Mitteln zur allgemeinen Betäubung und namentlich von der Bedeutung der Chloroform-Einathmungen für einzelne Operationen und manche Verletzungen des Auges werden wir im folgenden (II.) Abschnitt zu handeln haben. Eine volle Gabe Chloralhydrat oder Morphium nach einer wichtigen Augenoperation oder schweren Augenverletzung ist ein wesentliches Beförderungsmittel der glatten Wundheilung.

17) Chlorali hydrati 3,0
Aq. dest.
Syr. simpl.
Muc. gumm. mimos. āā 10,0.

S. Schlaftrunk. [Für einen Erwachsenen. — Zwei Dritttheile bis drei Viertheile des Schlaftrunkes werden gegeben und der Rest, wenn nöthig, $^1/_2$ Stunde später].[1])

18) Morphini hydrochlorici 0,01 bis 0,015
Sacchari 1,0.
S. Schlafpulver (Für einen Erwachsenen.[2])

Eine Einspritzung von Morphium unter die Haut beseitigt den Entzündungsschmerz, verschafft dem Kranken eine ruhige Nacht, und trägt wesentlich zur Besserung des Zustandes bei.

19) Morphini hydrochlorici 0,05
Aq. dest. (rec. coct.) 5,0.

Eine Spritze voll (d. h. 1 Gramm der Lösung; 0,01 des Salzes,) genügt für einen Erwachsenen.

Für Kinder sind Chloralhydrat[3]) und Morphium weniger geeignet und auch eher zu entbehren; denn die Kinder schlafen von selber, auch bei Schmerz und Kummer.

Dies sind die wirklichen Schlafmittel;[4]) von den neueren sind manche wohl eher Mittel gegen Schlaflosigkeit nervenkranker oder aufgeregter Menschen.

Officinell sind bei uns:

a) Paraldehydum. (Wirksame Gabe 2,5 Gramm, grösste Einzelgabe 5,0.)

---

1) Grösste Einzelgabe 3,0; grösste Tagesgabe 6,0 Gramm.

2) Grösste Einzelgabe 0,03; grösste Tagesgabe 0,1.

3) Für Kinder unter vier Jahren, die es weit besser als das Morphium vertragen, ist Chloralhydrat 0,05 bis 0,3 ein Schlafmittel; für grössere Kinder bis zu 1,0.

4) Ὑπνωτικά von ὕπνος Schlaf. (Schon bei Aristoteles.)

b) Amylenum hydratum. (Wirksame Gabe 2,0; grösste Einzelgabe 4,0.)

c) Sulfonalum. (Wirksame Gabe 2,0; grösste Einzelgabe 4,0).

Namentlich von dem letzteren mache ich öfters Gebrauch, um Kranken mit langwieriger Augenentzündung den so ersehnten Schlaf zu verschaffen. Zwei Kapseln zu je einem Gramm werden einige Stunden vor der Schlafzeit verabreicht. Das Mittel wird auch bei länger dauerndem Gebrauch gut vertragen.

Unter den örtlichen Betäubungsmitteln steht obenan das Cocaïn,[1]) in der Augenheilkunde das wirkliche Mittel wider den Schmerz.[2])

20)	Cocaïni hydrochlorici	0,1
	Aq. dest. (rec. coct.)	5,0.
20 a)	Coc. hydr.	0,1
	Aq. Sublimat. [1:5000]	5,0.

Träufelt man von dieser Lösung einige Tropfen über die Horn- und Bindehaut, so wird in wenigen (ein bis zwei) Minuten die Augapfeloberfläche vollkommen unempfindlich und bleibt so für die Dauer von etlichen (5—10) Minuten. Aber auf die Empfindungsnerven der Iris wirkt das Mittel nicht, obwohl es die Pupille merklich erweitert. Ist die Augapfelbindehaut erheblich geröthet und geschwollen, so fehlt die gewünschte Wirkung oder bleibt unvollständig.

---

1) Die Cocapflanze, ein Strauch von 4—6 Fuss Höhe (Erythroxylon Coca) gedeiht in Peru und Bolivia. Ihre Blätter dienen zehn Millionen Menschen als unentbehrliches Genussmittel, besonders gegen Ermüdung und Hunger, seit der Zeit der Inka's. Das Alkaloïd Cocaïn ist 1860 von Niemann, einem Schüler Wöhler's, entdeckt. ($C_{17}H_{21}NO_4$). Nach v. Anrep's Thierversuchen (1880) hat das Cocaïn in kleinen Gaben eine reizende, in grösseren eine lähmende Wirkung. Bei der Einspritzung unter die Haut ist die tödtliche Gabe 0,02 Gramm auf das Kilo, bei der Katze. Schroff fand 1862, dass durch örtliche Anwendung des Cocaïn die Zungenspitze unempfindlich wird. Einige Anwendungen auf den Menschen waren schon gemacht worden, als C. Koller im Sept. 1884 auf dem Heidelberger Congress die überraschende Mittheilung machte, dass Einträuflung einiger Tropfen von der zweiprozentigen Lösung des Cocaïns in den Bindehautsack den Augapfel vollkommen unempfindlich mache. Es ist dies, auf unserem Gebiet, eine der grössten Entdeckungen aus den letzten zehn Jahren. (Vgl. den Sitzungsbericht des Heidelberger Ophthalmologen-Congresses, ferner Koller's Mittheilung in der Wiener med. W., 25. Oct. 1884. Ueber Cocaïn von Freud, Wien 1885. Cocaïne, by Knapp, Wiesbaden 1885. Anaesthesie bei Augenop. v. Hirschberg, Berl. Kl. W. 1884 und die zahlreichen Mittheilungen im Centralbl. f. A. 1884/85.) — Es giebt noch andre Stoffe, deren Einträuflung ähnlich wirkt; doch kommt keines an Brauchbarkeit dem Cocaïn gleich.

2) Ἀνώδυνον, von ὀδύνη Schmerz, schon bei Dioscorides und Galen.

Auch der angehende Arzt kann nach Cocaïneinträuflung, ohne vom Kranken gestört zu werden, die kleinen Fremdkörper von der Hornhautoberfläche mit der gekrümmten Star-Nadel entfernen. Bei frischer Augenverletzung erleichtert Cocaïn die mitunter schwierige und selbst gefährliche Untersuchung. Aber geradezu köstlich ist das zum Glück nicht mehr so kostspielige Mittel für die wichtigeren Augenoperationen, namentlich zur Ausziehung des Greisen-Stars, bei welcher die Chloroformbetäubung immerhin einige Schattenseiten darbietet.

Um vollständige Unempfindlichkeit der Augapfeloberfläche zu erzielen, träufelt man den Inhalt des Tropfgläschens langsam über die ganze Vorderfläche des Augapfels, in den unteren Bindehautsack; lässt danach das Auge schliessen, um Vertrocknung der Hornhautdeckzellen zu vermeiden: und wiederholt diese Einträuflung noch zweimal, nach ein bis zwei Minuten.

Das Cocaïn bewirkt eine gewisse Blutleere der Bindehaut, die ja für unsere Operationen sehr angenehm ist; ferner stärkeres Klaffen der Lidspalte, das gleichfalls erwünscht ist; und endlich eine mässige Erweiterung der Pupille, die aber auf Lichteinfall nachgiebt, so dass niemals bei der Star-Ausziehung eine störende Wirkung eintritt. [1])

Ueberhaupt habe ich bei tausendfacher Anwendung des Cocaïn noch nie eine unangenehme Nebenwirkung beobachtet. Auch nicht bei der Einspritzung von ein bis zwei Gramm der zweiprocentigen Lösung, also von 0,02 bis 0,04 des Alkaloïdsalzes, unter die Lidhaut, oder unter die Bindehaut eines Erwachsenen, um schmerzlos Lidoperationen oder sogar die Ausschälung des Augapfels vorzunehmen. [2])

Beschrieben sind Ohnmacht und Pulsschwäche, aber ich habe sie nie gesehen. [3]) Beschrieben ist Hornhautzerstörung nach Star-Schnitt: aber dieselbe ward nicht von der Cocaïnlösung bedingt, sondern von deren Verunreinigungen (Eiterpilzen). Beschrieben ist dauernde Hornhauttrübung nach Star-Schnitt; aber nicht von Cocaïn selber wird diese verursacht, sondern von der Beigabe, nämlich von dem verschwenderischen Gebrauch der Sublimatspülung. Das habe ich von vornherein behauptet, das wird jetzt auch von den Gegnern zugestanden.

---

1) Man erklärt (nach Thierversuchen) die Wirkung des Cocaïn durch örtliche Lähmung der Endigungen des fünften Gehirnnerven und durch Reizung derjenigen des sympathischen Nerven.

2) In neuester Zeit (1891) hat man sogar den Bauchschnitt und andere grössere Operationen unter Cocaïneinspritzung verrichtet.

3) Oder doch nur bei sehr ängstlichen und nervösen Menschen, ausnahmsweise, bei denen man gelegentlich auch ohne Cocaïn nach Spaltung des Hagelkorns oder des Thränenkanälchens einen Ohnmachtsanfall erlebt.

Es soll sogar vorgekommen sein, dass eine übergrosse Gabe[1]) den Kranken getödtet hat; und es ist thatsächlich richtig, dass dauernder Missbrauch des Cocaïns — ebenso wie der des Morphins — eine schwere Nervenkrankheit, auch mit Sehstörung, nach sich zieht.

Alles dies erwähne ich, um zum Schluss zu betonen, dass Cocaïn bei richtiger Anwendung zu den segensreichsten Mitteln gehört.

Bei entzündlicher Reizung des Auges (besonders der Horn- und Regenbogenhaut) bewirkt Cocaïneinträuflung wohl sofort Linderung des Schmerzes, aber nicht für längere Zeit. Weit nachhaltiger vermindert man Schmerz und Reizung durch Einträuflung einer Lösung von Cocaïn und Atropin; diese gehört auch zu den kräftigsten Pupillenerweiterern,[2]) überhaupt zu unseren besten und wirksamsten Heilmitteln.

21) Atrop. sulf. neutr. 0,05
Cocaïn. hydrochlor. 0,1
Aq. dest. (rec. coct.) 5,0.
S. Augentropfwasser.

Erweiterung der Pupille bewirken, bei örtlicher wie innerlicher Anwendung, einige giftige Alkaloïde, die hauptsächlich in drei bei uns wild wachsenden Solaneen vorkommen. Die einhalb- bis einprocentigen Lösungen von solchen Salzen dieser Alkaloïde, welche krystallisirt, also in zuverlässig reinem Zustand, zu erhalten sind, benutzen wir zur Einträuflung in den Bindehautsack, um künstliche Pupillenerweiterung zu erzielen.

Aus der Wurzel der Tollkirsche, Atropa Belladonna,[3]) wird das Hauptmittel dieser Art, das Atropin, gewonnen, welches schon 1813 von Mein entdeckt ist.[4])

---

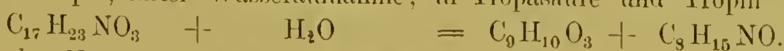
1) Grösste Einzelgabe 0,05; grösste Tagesgabe 0,15. Zwei Spritzen voll unserer zweiprozentigen Lösung enthalten erst 0,04. — Freud meint, dass es für den Menschen eine tödtliche Gabe kaum gebe. — Nach dem Thierversuch mit der Katze sollte man Einspritzung von einem Gramm des Cocaïnsalzes unter die Haut des Erwachsenen für lebensgefährlich ansehen.

2) Mydriatica. Μυδρίασις, Pupillenerweiterung, wahrscheinlich von Arct. Cappad. (acut. I. 88) eingeführt; Ableitung unbekannt, vielleicht von μύδρος das glühende Eisen zum Blenden.

3) Atropa ist abzuleiten von ἄτροπος, 2, unerbittlich; Belladonna ital. = schöne Dame, weil die Schauspielerinnen durch Pupillenerweiterung glanzvolle Augen sich zu verschaffen liebten, wie — schon die alten Griechinnen durch Hyoscyamus. (Galen, XII. 740.)

4) Durch Einwirkung von Barytwasser spaltet sich

Atropin, unter Wasseraufnahme, in Tropasäure und Tropin



$$C_{17}H_{23}NO_3 + H_2O = C_9H_{10}O_3 + C_8H_{15}NO.$$

Vgl. das Handwörterbuch der Chemie von Ladenburg I, 213 fgd., 1882.

22) Atropini sulf. neutr. 0,05
Aq. dest. (rec. coct.) 10,0.
D. Mit Tropfglas.
S. Zur Einträuflung.

22a) Atrop. sulf. neutr. 0,05
Aq. dest. (rec. coct.) 5,0.

Ein Tropfen der einprocentigen Lösung des schwefelsauren Atropin in den Bindehautsack geträufelt,[1]) verursacht Lähmung des Schliessmuskels der Pupille und des Accommodationsmuskels, bewirkt starke Erweiterung der Pupille.[2]) Darum ist Einträuflung der Atropinsulfatlösung das Hauptmittel gegen Regenbogenhautentzündung. Denn diese Krankheit macht Verengerung der Pupille, Verwachsung ihres Randes mit der vorderen Linsenkapsel, Verschluss des Sehlochs. Die künstliche Erweiterung der Pupille durch Atropineinträuflung verringert die Breite der Regenbogenhaut, presst Blut aus ihren Gefässen, löst Verwachsungen des Pupillenrandes und hindert den Verschluss des Sehlochs.

Die klinische Erfahrung zeigt den grossen Nutzen des Atropins bei der Behandlung der Regenbogenhautentzündung.

Aber dann darf man einem neuem Lehrbuch nicht glauben, dass selbst in den schwersten Fällen von Regenbogenhautentzündung nicht öfter als drei bis vier Mal am Tage die einprocentige Lösung einzuträufeln sei.

Ich lasse bei frischer, akuter Regenbogenhautentzündung am ersten Tag der Behandlung ein- bis zweistündlich einträufeln. Mitunter gelingt es dadurch sofort die Pupille maximal weit und regelmässig rund zu

---

1) Gelegentlich erfolgt auch bei innerlicher Verabreichung der Atropin- (bezw. Belladonna-) Präparate Pupillenerweiterung, jedenfalls bei der Vergiftung. Aber, wenn die innerliche Gabe sehr klein war, eher durch zufälliges Einstreichen des Mittels in's Auge. In letzterer Weise allein wirken die beliebten, aber an sich unwirksamen Stirnsalben mit Belladonna.

R. Hydrargyri amidato-bichlorati
Extr. Belladonn. $\widehat{aa}$ 0,5
Ung. rosat. 5,0.

2) Donders fand nach Einträuflung von Atropinsulfatlösung (1:120), dass nach fünfzehn Minuten die Pupille des gesunden Auges anfängt, sich zu erweitern; nach dreissig Minuten die Erweiterung vollständig ist; nach hundert Minuten auch die Accommodationslähmung; nach drei Tagen beginnen die Erscheinungen zurückzugehen; erst nach zwölf Tagen hatte die Pupille ihre frühere Enge erreicht. Die Lösung von 1:9600 ruft in sechzig Minuten Pupillenerweiterung hervor, die am folgendem Tage wieder geschwunden ist.

bekommen. Gegen Rückfälle schützt man sich durch täglich zwei- bis dreistündliche Einträuflung, bis die entzündlichen Erscheinungen geschwunden sind; dann wird, unter ein- bis zweimaliger Einträuflung am Tage, die Pupille noch einige Wochen hindurch weit erhalten. — Bei grösserer Hartnäckigkeit der entzündlichen Pupillenverengerung wird noch dazu Nachts ein bis zwei Mal eingeträufelt, da die während der Nacht fortbestehende Entzündung das Tagewerk des Arztes wieder auflöst, — wie das Gewebe der Penelope. Es wird ferner, vom Arzt selber, am Tage binnen ein bis zwei Stunden fünf bis sechs Mal hintereinander eingeträufelt; und den reichlichen Atropineinträuflungen noch ein Mal täglich eine stärker wirkende Hyoscin-Einträuflung hinzugefügt.

So wird man mit der gewöhnlichen (serösen und exsudativen) Regenbogenhautentzündung, mag dieselbe von Syphilis oder von rheumatischer Erkrankung abhängen, unter passender Allgemeinbehandlung, fast immer zum Ziele kommen.

Schwierig sind die akuteren Fälle von ausgedehnter Hornhaut- und Regenbogenhautentzündung in Folge von angeborener Syphilis: die erkrankte Hornhaut hindert das Eindringen der Atropinlösung in die Vorderkammer. Noch schwieriger sind die breiten gummösen Verwachsungen zwischen Regenbogenhaut und Vorderkapsel der Linse. Auch diese habe ich wiederholentlich durch das oben geschilderte Verfahren vollkommen beseitigt, so dass die Regenbogenhaut ganz normal aus der schweren Krankheit hervorging. Am schwierigsten ist die sogenannte croupöse Regenbogenhautentzündung. Ist die ganze Regenbogenhaut einschliesslich des Sehlochs von einer dicken Faserstoff-Ausschwitzung bedeckt, ja die ganze Vorderkammer damit angefüllt; so scheint jede Wirkung der Atropineinträuflung fast ausgeschlossen. Trotzdem empfiehlt es sich, zwei bis drei Mal täglich einzuträufeln, damit die Pupillenerweiterung sofort einsetzen kann, wenn sie möglich wird, d. h. wenn die in Auflösung begriffene Ausschwitzung vom Rande der Pupille sich zu lösen beginnt.

Bei chronischer wiederkehrender Regenbogenhautentzündung mit alten, von der akuten Entzündung zurückgebliebenen Verwachsungen des Pupillenrandes ist gleichfalls Atropineinträuflung angezeigt. Nur muss man das Unmögliche nicht verlangen und zufrieden sein, wenn die ständigen (bindegewebigen) Verwachsungen etwas gedehnt und die Ausbildung neuer verhütet wird.

Vollends sei man vorsichtig bei ganz oder nahezu kreisförmiger, alter Verwachsung des Pupillenrandes, der durch einen bindegewebigen Streifen mit der Vorderkapsel der Linse verlöthet ist. Hier wird die

Atropineinträuflung nicht vertragen, und kann, namentlich bei älteren Menschen, einen Anfall von Drucksteigerung[a] auslösen.

a) Glaucoma.

Die Pupille des Neugeborenen und des Säuglings ist eng und durch Atropineinträuflung kaum über vier Mm. zu erweitern; die Pupille des Greisen öfters steif und durch Atropin nicht über fünf bis sechs Mm. zu erweitern.

Bei Säuglingen und Greisen liefert die Atropineinträuflung weniger befriedigende Ergebnisse, als bei Kindern und Erwachsenen. Bei kleinen Kindern ist die Neigung zu Regenbogenhautentzündung gering, sehr gross bei älteren Leuten. Regenbogenhautentzündung (namentlich auch die syphilitische) verläuft bei Greisen weit schlimmer als in der Blüthe des Lebens.

Im kindlichen, jugendlichen und mittleren Lebensalter antwortet die normale Pupille, der eine Breite von drei bis vier Mm. bei der gewöhnlichen Tagesbeleuchtung zukommt, auf die Einträuflung eines einzigen Tropfens der $^1/_2$ bis $1\,^0/_0$ Atropinlösung mit allerstärkster Erweiterung, auf acht und selbst neun Mm, so dass die Regenbogenhaut auf einen ganz schmalen Saum sich zusammenzieht.

Bei vollständiger Lähmung des Schliessmuskels[b] ist die Pupille gegen sechs bis sieben Mm. breit und wird durch Atropineinträuflung noch weiter, weshalb man dem Atropin nicht blos eine Lähmung der Endigungen[1]) des dritten Hirnnerven,[c] sondern auch eine Reizung des Grenzstranges[d] zuzuschreiben pflegt.[2])

b) Sphincter pupillae. (Nerv. oculomot.)
c) Oculomot.
d) Sympathicus.

Durch Atropineinträuflung werden auch die Nerven[e]-Endigungen an der Oberfläche des Augapfels, besonders in der Hornhaut, unempfindlicher. Atropin ist und bleibt ein Hauptmittel bei Entzündung der Hornhaut.

e) Trigeminus.

Atropin verringert den pathologischen Schmerz, nicht die normale Empfindlichkeit der Hornhaut. Bei stärkerer Entzündung der letzteren mit lebhaftem Schmerz und Reiz wirkt am sichersten die Einträuflung von Atropin-Cocaïn-Lösung.

---

1) Wird Atropinlösung in den Bindehautsack geträufelt, so dringt das Mittel durch die Hornhaut in das Kammerwasser und in die Regenbogenhaut ein. Entzieht man dem so atropinisirten Auge einer Katze, mit der nöthigen Vorsicht, das Kammerwasser, und träufelt dasselbe in das Auge einer andern Katze; so tritt Erweiterung der Pupille ein: es war also Atropin im Kammerwasser enthalten.

Katzen sind zu solchen Versuchen sehr geeignet, da bei ihnen die Pupille im verengten Zustande einen senkrechten Spalt, im erweiterten eine Kreisfläche darstellt.

2) Auch nach Thierversuchen, mit Durchschneidung des Oculomotorius und des Sympathicus.

Atropin ist ein segensreiches Mittel, wird aber in der gewöhnlichen Praxis zu selten und in zu geringer Gabe angewendet.[1])

Die Aerzte fürchten Atropinvergiftung und Pupillenlähmung: beides ist unbegründet.

I. Atropinvergiftung habe ich nach der Einträuflung in den Bindehautsack trotz der vieltausendfachen Anwendung noch nicht ein einziges Mal beobachtet.[2]) Natürlich habe ich gelegentlich Allgemeinwirkungen von der örtlichen Anwendung des Atropin gesehen.

A) Erwachsene klagen manchmal über Trockenheit im Halse. Dann ist die Einträuflung seltner und mit grösster Vorsicht zu machen. B) Kleine Kinder, denen man, wegen scrofulöser Hornhautentzündung zwei bis drei Mal täglich einen Tropfen der $^1/_2$ % Atropinlösung einträufeln lässt, schlafen bald nach der Einträuflung. Das ist eher ein Vortheil!

Immer muss man den Mund schützen, damit der herabfliessende Tropfen nicht verschluckt werde: man hält während der Einträuflung ein Wattebäuschchen gegen das sanft abgezogene Unterlid. (Der untere Thränenpunkt taucht dann nicht ein in die Atropinlösung. — Dagegen ist es überflüssig, das untere Thränenröhrchen durch eine Klammer, während der Einträuflung, zusammenzupressen).

Gelegentlich verwendet man das Mittel auch in Salbenform, — nicht blos um Allgemeinwirkungen zu vermeiden, sondern auch um die örtlichen sicher zu erzielen. Manche Kinder pressen die Lider so heftig zusammen, dass von der Lösung nichts in dem Bindehautsack bleibt; einzelne Erwachsene benehmen sich wie diese Kinder: dann empfiehlt es sich, mit dem reinen Glas-Stab ein wenig von der dickflüssigen Salbe an die Innenfläche des Unterlids zu streichen.

23)	Atrop. sulf. neutr.	0,05
	Aq. dest. (recens coct.) q. s. ad solut.	
	Vaselini puriss.	5,0.

II. Wenn der angehende Arzt acht bis zehn Tage nach der Einträuflung noch deutliche Erweiterung der Pupille beobachtet; so fürchtet er ein Zurückbleiben der Lähmung, vielleicht für immer. Auch diese

---

1) Oefters auch unrichtig, z. B. bei Bindehautcatarrh, bei Fremdkörpern in der Hornhaut. Die Kranken kommen zu uns und klagen über die Beschwerden der Pupillenerweiterung, d. h. über Blendung und Unfähigkeit, feine Schrift zu lesen.

2) Ein Engländer hatte in v. Graefe's Klinik die Atropinlösung — verschluckt. Ich fand ihn tobsüchtig, mit einer Pulszahl von 150; eine Einspritzung von Morphium unter die Haut und Reizmittel bewirkten bald Besserung.

Befürchtung ist grundlos. Die natürliche Nachwirkung der Atropineinträuflung dauert bis zu zwei Wochen.

Sehr viel wird gesprochen und geschrieben über Unverträglichkeit des Atropin und über die Nothwendigkeit von Ersatzmitteln. Das meiste beruht auf Irrthum.

Zunächst muss die Atropinlösung chemisch rein und säurefrei sein; sodann muss die Lösung pilzfrei sein und gehalten werden. Schon 1867 habe ich in den gewöhnlichen Augenwässern und in Atropinlösungen Pilze gefunden. Schimmelbusch und Hohl fanden neuerdings in der gewöhnlichen 1 % Lösung von Atropin und Cocaïn stets zahlreiche Pilze. Ferrari stellte fest, dass Eiterpilze[a] in destillirtem Wasser, 1 % Lösung von Atropin und Morphin nicht absterben, sondern sich sogar vermehren.

a) Staphylococcus.

Die Pilze kommen hinein in die Alkaloïdsalzlösung entweder beim Bereiten der Lösung, oder aus der Luft während des Oeffnens der Flasche oder aus dem Bindehautschleim,[1]) namentlich, wenn man Pinsel benutzt.

Ist zur Nachbehandlung des Star-Schnitts die Lösung gekocht, bezw. das verschlossene Fläschchen in dem Kupferofen eine halbe Stunde lang dem strömenden Wasserdampf ausgesetzt; so wird man niemals Vereiterung des Auges von der Atropineinträuflung erleben.[2]) Die Atropinreizung,[3]) ein Catarrh der Lidränder mit dichtgedrängter Aussaat feiner Wärzchen (Granulationen) in der ganzen Bindehaut, oben wie unten, oder unten allein, entsteht ungemein häufig, wenn die Kranken ohne Vorsicht jeden Tag, Wochen lang, einträufeln oder einpinseln; jede neue Einträuflung bedingt dann heftiges Brennen und neue Reizung mit Thränen und Anschwellung.

Die Kranken leiden oft genug gar nicht mehr an der ursprünglichen Entzündung,[b]) sondern an ihrem Arzt; und werden geheilt, wenn man das Atropin aussetzt (bezw. erheblich verringert,) und die zusammenziehenden Augenwässer anwendet. (Kühle Chlorwasser-Umschläge, Einpinselung von schwacher Bleiacetat- oder Silbernitrat-Lösung.)

b) z. B. der Regenbogenhaut.

Diese Atropinreizung lässt sich vollständig vermeiden, wenn man den alten Schlendrian aufgiebt, und bei der Einträuflung das Einbringen von Pilzen[4]) in den Bindehautsack voll-

1) Franke, A. f. O. XXX, 2.

2) Atropin-Gelatine-Plättchen — zu meiden, namentlich bei Augenoperationen.

3) A. f. O. I, 2, 242; X, 2, 200. — A. v. Graefe beschrieb den Zustand allerdings als Atropinsättigung der Bindehaut.

4) Durch Pilze wird die Reizung verursacht, nicht durch Atropin. Sorglose Einträuflung des dem Atropin geradezu entgegengesetzten Mittels, des Physostig-

ständig ausschliesst. Seit Jahren habe ich in meiner Anstalt nicht einen einzigen Fall von Atropinreizung beobachtet, obwohl ich[a] gelegentlich fünf Monate lang täglich fünf Mal Atropin einzuträufeln gezwungen war.

[a] z. B. bei sympathischer Augenentzündung.

Ich verwende nur von mir selber sterilisirte Lösungen, auch mit leichtem Sublimatzusatz, für jeden Kranken an jedem Tag ein frisches Fläschchen. Der praktische Arzt verschreibe nur wenig Atropin auf einmal, lasse frisch gekochtes Wasser[b] zur Lösung verwenden; bezw. bei seltner Einträuflung, Sublimat-Augenwasser. Auch die Fläschchen selber sind auszukochen; man halte sie gut verschlossen und erneuere die Lösung jeden zweiten, dritten Tag, — jedenfalls, ehe die alte flockig geworden. Das Tropfgläschen liege stets unter starker Sublimatlösung (1:1000 oder 1:2000); — oder, wenn man dies dem Kranken in seiner Häuslichkeit nicht anvertrauen kann, unter täglich frisch gekochtem Wasser, und werde selber täglich oder jeden zweiten Tag ausgekocht. [1])

[b] destillirt.

Atropinreizung ist wohl zu unterscheiden von der überaus seltnen Atropinabneigung:[c] schon die erste Atropineinträuflung in ein nicht entzündetes Auge soll heftige Entzündung der Bindehaut [2]) verursachen. Seit vielen Jahren ist mir kein einziger Fall der Art vorgekommen; ich zweifle fast an dem Vorhandensein dieses Zustands.

[c] Idiosyncrasie.

Will man mit dem Mittel wechseln, so ist zu überlegen, ob man nur ein anderes wünscht oder — ein stärkeres. In ersterer Hinsicht wiegt man sich öfters in Einbildungen. So ist bei Atropinreizung sogar wieder von neuem das Mittel früherer Zeit, der eingedickte Saft der Tollkirsche, empfohlen worden.

24)	Extract. Belladonn.	0,5
	Aq. dest.	25,0. — Bis filtra!

min, verursacht ganz ähnliche Bindehautgranulationen, nur etwas seltener, weil das letztere Mittel nicht in so vielen Fällen, nicht oft an einem Tage und nur in einzelnen Fällen so lange Zeit hindurch eingeträufelt wird, wie Atropin.

1) Die Gummikappe verträgt das Kochen nicht gut. Doch sind die Tropfgläser billig genug, dass man von Zeit zu Zeit ein neues beschaffen kann. Auch Glasstäbchen zur Einträuflung lassen sich gut rein halten, nicht so leicht die Pinsel. Tropf-Fläschchen mit eingeschliffenem Stöpsel, der nur in bestimmter Stellung den Tropfen austreten lässt, sind auch zuverlässig, aber für Nichtärzte etwas schwerer zu handhaben: sie sind brauchbar bei seltner Einträuflung.

2) Etwas anderes ist Entzündung der inneren Theile mit Drucksteigerung (Glaucoma acutum), nach Atropineinträuflung: davon wird sogleich die Rede sein.

Aber trotz des Ausrufungszeichens wird es nicht gelingen, bei der üblichen Anwendung die braune Lösung klar zu erhalten.

Wer sich damit trösten wollte, dass ausser dem Atropin immer noch drei Alkaloïde: 1) das Daturin[1]), 2) das Hyoscyamin,[2]) 3) das Duboïsin[3]) zur Auswahl und Verfügung ständen; würde durch Ladenburg's Untersuchungen erheblich enttäuscht werden: Atropin ist identisch mit Daturin, Hyoscyamin mit Duboïsin; alle die vier von den Aerzten zur Pupillenerweiterung verschriebenen Alkaloïde sind isomer. ($C_{17}H_{23}NO_3$).[4])

Alles, was Atropin nicht leistet, darf man von den drei andern nicht erwarten, — nur einen höheren Preis.

Wer wirklich ein stärkeres Mittel zur Pupillenerweiterung wünscht, muss Hyoscin wählen und die nach der Einträuflung vorkommenden Allgemeinwirkungen mit in den Kauf nehmen.

25)	Hyoscini hydrojod.[5])	0,05
	Aq. dest. (rec. coct.)	5,0 .

25a)	Hyoscin. hydrobromici	0,05
	Aq. dest. q. s. ad. solut.	
	Vaselini puriss.	5,0 .

---

1) Von Datura Stramonium, Stechapfel. (Solan.) Das Wort Datura ist arabisch, tatôrah = Röhrchen. Stramonium ist ein Wort der Neuzeit.

2) Von Hyoseyamus niger, Bilsenkraut. (Solan.) Ὑοσκύαμος heisst wörtlich Saubohne; die Alten benutzten es schon zur Pupillenerweiterung. (Dioscor. I. 560, Galen, XII, 720.)

3) Von einem australischen Baum, Duboïsia myoporoïdes. (Serofularin.) Duboïsia heisst er naeh Hrn. Dubois; und myo-poro-ïdes, weil die Blätter durchsichtige Punkte haben, wie von Mäusen angefressen. (Μῦς, πόρος, εἶδος.)

4) Atropin kommt vor in Atropa B. und Datura Str.; Hyoscyamin in denselben Pflanzen und ausserdem in Hyoscyamus n. und Duboïsia m. Beide Alkaloïde lassen sich in Tropasäure und Tropin spalten, während das dritte Alkaloïd Hyoscin, welehes neben dem zweiten in Hyoscyamus vorkommt, bei der Spaltung Tropasäure und das (dem Tropin isomere) Pseudotropin liefert. Es giebt also hauptsächlich vier Pflanzen (drei Solaneen, eine Scrof.), und darin drei isomere Alkaloïde mit pupillenerweiternder Wirkung: Atropin, Hyoscyamin und Hyoscin. Das erste und das letzte steht im deutsehen Arzneibueh. — Die in derselben Pflanze oder derselben Gattung vorkommenden Basen pflegen ehemiseh und physiologisch ähnlich zu sein. (Gleditschin, welehes Atropin und Coeaïn enthielt, war — eine betrügerische Mischung). — Hyoscyamin kann man durch verschiedene chemische Behandlungsarten glatt in Atropin überführen; hieraus erklärt sieh die wechselnde Ausbeute an beiden aus derselben Arzneipflanze.

5) In meinen Arznoivorschriften sind, wie erwähnt, stets die crystallisirbaren Verbindungen vorgezogen. Hyoscin. hydrobrom. kann man auch verschreiben: letzteres steht im deutschen Arzneibuch.

Acht bis zehn Minuten nach der Einträuflung eines Tropfens der einprocentigen Hyoscinlösung wird die gesunde Pupille auf's vollständigste erweitert. Hyoscin zerreisst oder dehnt Verwachsungen,[a] die dem Atropin lange getrotzt hatten. Aber Hyoscin bewirkt auch gelegentlich Allgemeinerscheinungen, zehn bis dreissig Minuten nach der Einträuflung: nur selten Unbesinnlichkeit und Sprachstörung, etwas häufiger schon Schwindel, Benommenheit, Unsicherheit beim Gehen; diese Erscheinungen sind gefahrlos und schwinden meistens in etlichen Minuten. Aber man soll die Kranken nicht gleich nach der Einträuflung auf die Strasse schicken! Hyoscineinträuflung soll der Arzt selber machen und bei Kindern gänzlich meiden.[1])

a) Synechien

Mitunter braucht man ein schwächeres Mittel zur Pupillenerweiterung. Bei vorschreitendem Alters-Star lasse man von der $^1/_5$% Lösung des Atropin (0,01 : 5,0) ein bis zwei Mal wöchentlich einen Tropfen einträufeln, so lange die Pupillenerweiterung dem Kranken das Sehen erleichtert; und sorge für reizlosen Zustand der Bindehaut. Sodann kommt hier die diagnostische Pupillenerweiterung in Betracht. Die Häufigkeit derselben steht im umgekehrten Verhältniss zur diagnostischen Befähigung des Arztes. Es ist ein arger Missbrauch,[2]) bei jedem Fall, der zur Brillenwahl oder wegen Sehstörung kommt, sofort Atropin einzuträufeln. Die Kranken sind mehrere Tage geblendet und selbst arbeitsunfähig. Dauernde Nachtheile sind selten; aber sie kommen vor. Auf einer inneren Klinik kann man ungestraft Hunderten von Kranken Atropin einträufeln, um sie rascher, d. h. für sie angenehmer, zu spiegeln; bei der gleichen Zahl von Augenkranken würde man schon gelegentlich erleben, dass bei harten Augen,[b] namentlich des reiferen Alters, bei starker Netzhautblutung in Folge von Erkrankung der Blutgefässwandungen,[c] ein jäher Anfall von Druckzunahme und Entzündung[d] der Einträuflung auf dem Fusse folgt.[3]) Deshalb sei man vorsichtig und untersuche erst vorher das Auge mit dem Spiegel und mit dem tastenden Finger.

b) Praedisposition zu Glaucom.

c) Atherose

d) acutes Glaucom.

Uebrigens können auch die mildesten Mittel diese üble Wirkung entfalten: weder Homatropin (1%) noch Cocaïn (2%) sind ganz frei davon; aber immerhin scheinen die von den milderen Mitteln eingeleiteten Glaucom-Anfälle doch milder zu verlaufen und öfter auch ohne

---

1) Einträuflung von Hyoscin in $^1/_2$% Lösung (0,025 : 5,0) macht bei Erwachsenen keine Allgemeinerscheinungen.

2) Den ich auf meinen Reisen beobachtet.

3) Die Thatsache ist unzweifelhaft, obwohl sie — wie fast alles in der Heilkunde — von Einzelnen bestritten wird.

Operation, durch einfache Einträuflung des Gegenmittels (Physostigmin) wieder vollkommen zu schwinden.

Die vorher erwähnte Erfahrung sowie Menschenfreundlichkeit und Volkswirthschaft gebieten, zur diagnostischen Pupillenerweiterung, wenn sie in einzelnen Fällen von Einstellungsfehlern des Auges,[a] von Trübung der lichtbrechenden Theile, oder von starker Verengerung des Sehlochs unerlässlich erscheint, nicht die therapeutische Lösung des Atropin (1 : 100) zu verwenden, sondern eine erheblich dünnere, etwa 1 : 5000, welche man übrigens aus zwei Tropfen der erstgenannten Lösung und einem Theelöffel voll Wasser[1]) augenblicklich herstellen kann; oder denjenigen Stoff zu benutzen, welcher im eigentlichen Sinne als diagnostischer Pupillenerweiterer bezeichnet zu werden verdient: ich meine das Homatropin[2]) Ladenburg's.

a) z. B. stigmatismus.

26) Homatropini hydrobromici 0,025
Aq. dest. (rec. coct.) 2,5 [3]).

Die Erweiterung der Pupille erfolgt $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde nach der Einträuflung, ist vollständig nach einer Stunde, schwindet aber gewöhnlich nach fünf bis sechs Stunden. Die Accommodationslähmung hört schon früher auf. Tags nach der Einträuflung haben die Kranken fast nie mehr zu klagen. —

Die pupillenverengernden Mittel[4]) sind zwar nicht von so grosser Tragweite, wie die erweiternden, aber doch in vielen Fällen von erheblichem Nutzen.

Das wichtigste Mittel ist Physostigmin oder Eserin.[5])

27) a) Physostigmini sulf. neutr. 0,025
Aq. dest. (rec. coct.) 2,5; oder 5,0.

---

1) Ein Theelöffel = 5 Gramm = 5 × 20 = 100 Tropfen; $^2/_{100} \times {^1/_{100}} = {^1/_{5000}}$.

2) Oxytoluol-tropeïn (Ladenburg), welches durch Behandlung des mandelsauren Tropin mit Chlorwasserstoffsäure entsteht.

Homatropin + Wasser = Mandelsäure + Tropin

$C_{16}H_{21}NO_3 + H_2O = C_8H_8O_3 + C_8H_{15}NO$.

3) Die kleine Menge wegen des hohen Preises. — Auch Cocaïn (2%) wird zur diagnostischen Pupillenerweiterung verwendet, ist aber nicht so brauchbar wie Homatropin.

4) Miotica, von miosis, d. i. μείωσις κόρης, Verkleinerung der Pupille. — Miotica mit y ist ein mehr als sonderbarer Fehler der Bücher.

5) Der erste Name ist der des Arzneibuchs für das deutsche Reich; der zweite war bisher bei den Augenärzten der üblichere. Esere heissen bei den Negern in Calabar (Oberguinea, Africa) die giftigen Samen einer Leguminose, welche sie zu ihren sogenannten Gottesurtheilen verwenden. (Ordeal bean, Faba calabarica, semen physostigmatis venenosi.) Physostigma (von φῦσα die Blase, στίγμα das Mal) bedeutet, dass die Narbe der Bohne blasenartig aufgetrieben ist. — Physostigmin-

b) Physostigmini salicyl. 0,02
Ad. dest. (rec. coct.) 3,0. (Oder Aq. Sublimat. 5,0.)

c) Physostigmini sulf. neutr. 0,05
Aq. dest. q. s. ad solut.
Lanolini puriss. 5,0.

d) Eserin-Gelatine Plättchen. — In einer kleinen Glasröhre, mit Zänglein. Ein Plättchen genügt zur Wirkung. Bei Augenoperationen sollen die Plättchen nicht verwendet werden!

Die Einträuflung eines Tropfens der $^1/_2$ bis 1 procentigen Physostigminlösung in ein gesundes Auge bewirkt nach etlichen Minuten erhebliche Pupillenverengerung (auf 1—1$^1/_2$ Mm.), welche Tage lang fortdauert; ferner krampfhafte Einstellung des Auges für die Nähe, wobei nicht selten ziehender Kopfschmerz eintritt. Endlich bewirkt Physostigmineinträuflung auch noch eine Herabsetzung des Flüssigkeitdrucks[1]) im Augeninnern, wenn derselbe krankhaft gesteigert war.

Atropin ist stärker als Physostigmin; die durch Atropineinträuflung erweiterte Pupille wird zwar durch Physostigmin verengt, aber nur für kurze Zeit.

In therapeutischer Hinsicht möchte ich zunächst die folgenden Irrthümer beseitigen: 1) dass Physostigmin bei der Behandlung der Hornhautgeschwüre das Atropin „entthront“ habe; 2) dass Physostigmin „antiseptische“ Eigenschaften besitze und ein allmächtiges Mittel gegen Hornhautvereiterung darstelle; 3) dass bei den von Regenbogenhautentzündung zurückgebliebenen Verwachsungen die ab-

---

sulfat ist ein gelbliches crystallinisches Pulver, an feuchter Luft zerfliessend; in der Hitze sich aufblähend. Die wässrige Lösung ist klar, röthet sich aber leicht, z. B. nach längerem Stehen, oder sofort im Heissdampf-Ofen. Es bildet sich Rubreserin, ein Oxydationsproduct. Die röthlichen Lösungen sind weder unwirksam noch schädlich, wenn sie nur rein gehalten werden. Physostigminsalicylat ($C_{15}H_{21}N_3O_2$. $C_7H_6O_3$) bildet gelbliche, glänzende Crystalle und ist in 150 Theilen Wasser löslich. Beide Salze (das schwefel- wie das salicylsaure) sind bei uns officinell. Grösste Einzelgabe (innerlich) 0,001 Gramm, wie bei Atropin: deshalb Vorsicht beim Einträufeln.

1) Die klinische Erfahrung ist unzweideutig. Aber die Thierversuche sind widersprechend. Atropineinträuflung sollte nach früherer Annahme (A. v. Graefe) den Druck herabsetzen. Neuerdings suchten einige Forscher (Höltzke und Graser) zu beweisen, dass sie den Druck steigert; andere wiederum (Pflüger und Stocker), dass sie ihn vermindert. Physostigmineinträuflung soll den Druck anfänglich erhöhen, dann aber für längere Zeit um einen grösseren Betrag herabsetzen. Die Wirkung des Physostigmin wird durch Reizung des Schliessmuskels der Pupille[a]) erklärt. (Die Regenbogenhaut wird durch Verengerung des Sehlochs geglättet, die Kammerbucht befreit.)

a) Sphincter Oculomot.

wechselnde Einträuflung von Physostigmin und von Atropin nützlicher sei, als die des Atropin allein; 4) dass man bei der Blutung in die Vorderkammer oder beim Eitererguss in dieselbe durch Physostigmineinträuflung die aufsaugende Fläche der Regenbogenhaut vergrössern solle: — es ist besser gar nichts oder eher Atropin einzuträufeln, da ja nach dem Aufhören der Entzündung die Aufsaugung von selber in Gang kommt; 5) dass endlich bei Accommodationslähmung mit Pupillenerweiterung das Physostigmin eine dauernde Heilung zu schaffen im Stande wäre.

Die thatsächlichen Heilwirkungen der Physostigmineinträuflung sind die folgenden: 1) Bei vorgewölbtem Geschwürsgrund[a] in der Hornhaut setzt sie den Druck herab und verringert, besonders mit gleichzeitigem Verband des Auges und Bettruhe des Kranken, die Gefahr des Durchbruchs. 2) Ein Vorfall der Regenbogenhaut aus einem Randgeschwür der Hornhaut wird durch Physostigmineinträuflung hineingezogen und verkleinert. (Dagegen würde ein Vorfall aus dem Mittelfelde der Hornhaut durch künstliche Verengerung der Pupille hervorgepresst und vergrössert werden und erheischt deshalb Atropin. Sitzt der Vorfall der Regenbogenhaut zwischen dem Rand und der Mitte der Hornhaut, so erfordert er weder Atropin- noch Physostigmin-Einträuflung). 3) Bei Flecken der Hornhaut und unregelmässiger[b] Wölbung derselben nützt Physostigmineinträuflung gelegentlich durch Verengung der Pupille, d. h. durch Verkleinerung der Zerstreuungskreise.

a) Keratocele.

b) z. B. kegelförmiger. Keratoconus.)

Aber vor Allem ist Physostigmineinträuflung ein höchst wichtiges Linderungsmittel der Drucksteigerung[c].

c) Glaucoma.

Die Vorläufer[d]-Anfälle werden durch einen einzigen Tropfen Physostigmin wie mit einem Zauberschlage beseitigt; aber auch die ausgebildete Krankheit noch günstig beeinflusst, namentlich leichtere[1]) Anfälle dauernd geheilt oder wenigstens für längere Zeit beseitigt, oder doch gemildert, so dass die Operation bequemer auszuführen ist. Freilich, der typische Anfall der akut entzündlichen Drucksteigerung wird durch Physostigmineinträuflung, auch wenn man sie 24 Stunden lang, Tag und Nacht, fortsetzt, nur sehr wenig beeinflusst. — Hat endlich die Operation überhaupt nicht oder doch nicht für die Dauer die Spannung des Auges herabgesetzt: so pflegt man durch Physostigmineinträuflung den weiteren Verfall der Sehkraft zu bekämpfen; die Kranken haben wohl einigen Nutzen

d) Prodrome.

1) a) des künstlichen, durch Atropineinträuflung eingeleiteten; b) des „sympathischen,“ nach Operation (Iridectomie) des andern Auges entstandenen; c) auch des „spontanen,“ wenn sie noch nicht lange dauern.

davon, aber durchschlagende Erfolge sind sehr selten. Wenn vollends die Druckentartung[a] des Auges anhebt, ist die Physostigmineinträuflung geradezu schädlich und muss vermieden werden. Ueberhaupt sind die folgenden Nachtheile des Mittels wohl zu bemerken: 1) Die Physostigmineinträuflung begünstigt Entzündung der Regenbogenhaut, also Verwachsung der letzteren mit der Linsenkapsel. Ein Tropfen Physostigmin, in ein entzündungsfreies Auge geträufelt, um die Operation[b] zu erleichtern, bewirkt öfters Verklebung, selbst des unberührten Theiles vom Pupillenrand, mit der Vorderkapsel, so dass man vom dritten, vierten Tage nach der Operation Atropin einzuträufeln hat. Wenn man vor der Spaltung[c] des Hornhautabscesses, zur Vermeidung von Irisvorfall, Physostigmin eingeträufelt hat; so wird die schon bestehende Ausschwitzung der Regenbogenhaut vermehrt und Pupillensperre begünstigt, falls man nicht vom zweiten, dritten Tage nach dem Eingriff Atropin einträufelt. 2) Bei lange fortgesetzter Physostigmineinträuflung entsteht Reizung und Wucherung[d] der Bindehaut. Durch seltnere Anwendung des Physostigmin und durch zusammenziehende Mittel (Chlorwasserumschläge, Bleiacetat- und Silbernitrat-Einpinselung) ist sie zu bekämpfen; durch vollständige Reinhaltung der Physostigminlösung und der Tropfgläser lässt sie sich vermeiden.

a) glaucomatöse Degeneration.

b) Iridectomie gegen Glaucoma simplex.

c) Keratomie.

d) Granulation.

Nur selten war ich genöthigt, z. B. bei nervösen Frauen, wegen gelinder Allgemeinerscheinungen, als Ersatzmittel des Physostigmin das Pilocarpin anzuwenden.[1]

28) Pilocarpini hydrochlorici 0,05
Aq. dest. (rec. coct.) 5,0.

1) Vgl. oben die elfte Vorschrift.

Zweiter Abschnitt.

Die Augenoperationen.

Die Augenheilkunde unterhält zwar heutzutage die allerwichtigsten Beziehungen zu der Lehre von den inneren Krankheiten, da Veränderungen der Augen ganz wesentlich beitragen zur Erkenntniss von Säfte-Entmischungen, von Leiden des Gehirns, des Herzens, der Nieren; aber ursprünglich und bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts hin war sie ein Theil der Lehre von den äusseren Krankheiten.

Die chirurgische Behandlung von Augenleiden gehört mit zu den wichtigsten und segensreichsten Thätigkeiten des Arztes.

Zunächst haben wir einige allgemeine Gesetze zu betrachten; zum besseren Verständniss ihrer Anwendung will ich vorweg die hauptsächlichsten (typischen) Augenoperationen ganz kurz beschreiben.

1) Die Ausziehung der getrübten, harten Crystalllinse.[a] (Fig. 3. Der äussere Kreis stelle den Umfang der Hornhaut dar, der innere den der Pupille.)

a) Extractio cataractae durae.

A) Ein schmales (strohhalmförmiges) Messer wird bei *a* eingestochen, wagerecht durch die Vorderkammer geführt und bei *c* ausgestochen: so vollendet man den etwa zwölf Mm. langen Bogenschnitt *abc* am Hornhautrande.

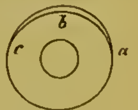


Fig. 3.

B) Hierauf bringt man der Linsenvorderkapsel in der Pupille mit einem kleinen Häkchen einen Kreuzschnitt bei.

C) Endlich lässt man die getrübte Linse durch sanften Druck auf den Augapfel austreten.

Das blinde Auge kann durch die Operation volle Sehkraft wiedergewinnen.

2) Die Ausziehung der getrübten, weichen Crystalllinse.[a] (Fig. 4.) Mit einem lanzenförmigen Messer legt man den gradlinigen Schnitt *d e*, von etwa sechs bis acht Mm. Länge, durch die Hornhaut an; spaltet die Vorderkapsel und entfernt die getrübte Linse.

a) Extractio cataractae mollis.



Fig. 4.

3) Die Zerschneidung der getrübten, weichen Crystalllinse.[b] (Fig. 5.) Nach künstlicher Erweiterung der Pupille sticht man mit einer Nadel an dem Punkte *f* durch die Hornhaut und bringt der Linsenkapsel einen Kreuzschnitt bei. Durch Zutritt des Kammerwassers wird die weiche Linse allmählich im Laufe einiger Wochen aufgelöst. War sie von vornherein geschrumpft oder nur häutig, so wird sofort durch die Linsenzerschneidung ein brauchbares Sehloch gebildet.

b) Discissio cat. mollis.



Fig. 5.

4) Pupillenbildung.[c] (Fig. 6.) Ist die natürliche Pupille verschlossen durch ein neugebildetes Häutchen, oder von vorn versperrt durch eine Hornhautnarbe, oder von hinten durch umschriebene Linsentrübung; so wird am Rande der Hornhaut ein Schnitt *g h* von etwa 5 Mm. Länge angelegt, mit einem Zänglein die entsprechende Irisfalte ergriffen, hervorgezogen und abgeschnitten. Eine künstliche Pupille ist gebildet. Das blinde Auge ist wieder sehend geworden.

c) Coromorphosis, (μόρφωσις κόρης [1]), Irid-ek-tomia

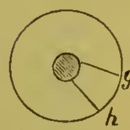


Fig. 6.

5) Der hintere Lederhautschnitt. (Fig. 7.) Sitzt im Glaskörper (oder in der Netzhaut) ein eingedrungener Eisensplitter; so werden die Umhüllungshäute des Auges in der Richtung und Länge von *i k* (etwa sechs Mm.) getrennt, das schnabelförmige Ende des Electromagneten in die Tiefe gesenkt, der Eisensplitter herausgezogen, und so das Auge vom Untergang gerettet.

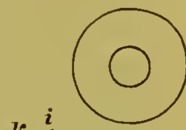


Fig. 7.

Durch einen ähnlichen Schnitt kann auch der Blasenwurm[d] aus dem Glaskörper und selbst aus seinem Sitz hinter der Netzhaut hervorgezogen werden.

d) Cysticercus.

6) Die Schieloperation [1]) besteht in der Freilegung der Sehne s_1 s_2 (Fig. 8) eines graden Augenmuskels, die nun entweder abgeschnitten (zurückgelagert) oder nach vorn gegen den Hornhautrand vorgenäht (vorgelagert) wird.

Im ersten Fall wird der Muskel geschwächt, im letzteren gestärkt; und so das vorher gestörte Gleich-



Fig. 8.

---

1) Strabotomie soll Schieloperation heissen, bedeutet aber Zerschneidung eines schielenden Menschen. (Στραβός scheel, τομή Schnitt.)

a) Antagonisten.

gewicht zwischen den beiden Gegenspannern[a] wiederhergestellt. Die hässliche Entstellung wird beseitigt, mitunter das normale Sehen mit zwei Augen wieder gewonnen.

Besteht mässiges Einwärtsschielen, so wird der nasenwärts ziehende Augenmuskel zurückgelagert. Ist das Einwärtsschielen stärker, so wird ausserdem noch der äussere vorgelagert. Beim Auswärtsschielen wird der äussere Augenmuskel zurückgelagert, oder noch dazu der innere vorgenäht.

b) Enucleatio bulbi.

7) Ausschälung des Augapfels[b]. Indem man alle vier graden Augenmuskeln hart am Augapfel und ebenso auch die zwei schiefen und endlich den Sehnerven durchtrennt, wird der Augapfel durch Ausschälung aus seiner bindegewebigen Kapsel entfernt, und auf diese Weise bösartige Geschwülste beseitigt, die im Augapfel ihren Sitz haben; oder ansteckende Stoffe, die dem Körper Schaden bringen oder das zweite Auge gefährden.

So traurig auch diese Verstümmelung erscheint, sie wirkt lebensrettend und sehkrafterhaltend. —

Die Haupterrungenschaften der heutigen Wundarzneikunst müssen in passender Weise auf unser Gebiet angewendet und für unsere Kranken voll ausgenutzt werden.

A. Wundbehandlung.

c) aseptisch

d) Staphylo- u. Streptococcus.

e) antiseptische.

f) Prophylaxe.

Die von uns kunstgerecht angelegten sowie auch die durch Unfall entstandenen Wunden des so zarten Augapfels sind keimfrei[c] zuhalten, um Wundkrankheiten zu vermeiden. Wenn die Wundeiterung, welche ja fast ausschliesslich durch Eindringen von Spaltpilzen[d] entsteht, bereits das Augeninnere erreicht hat; so ist es sehr schwierig, meist sogar fast unmöglich, durch keimtödtende[e] Mittel den Bestand des Auges zu erhalten. Verhütung[f] der Wundkrankheiten müssen wir auf unsere Fahne schreiben.

Bei den Operationen am und im Auge handelt es sich um die folgende Aufgabe:

Keimfrei, d. h. rein im Sinne des Wundarztes, sind herzurichten der Ort, der Kranke, der Arzt und seine Gehilfen, die Instrumente, die Verbände, die verwendeten Augenwässer.

1) Allerdings, die Bedeutung der in der Luft schwebenden Keime ist bis vor kurzem erheblich überschätzt worden; in gewöhnlichen Räumen sind nicht viele und meist un-

schuldige vorhanden: aufgewirbelt, sinken sie im Laufe weniger Stunden auf den Boden.

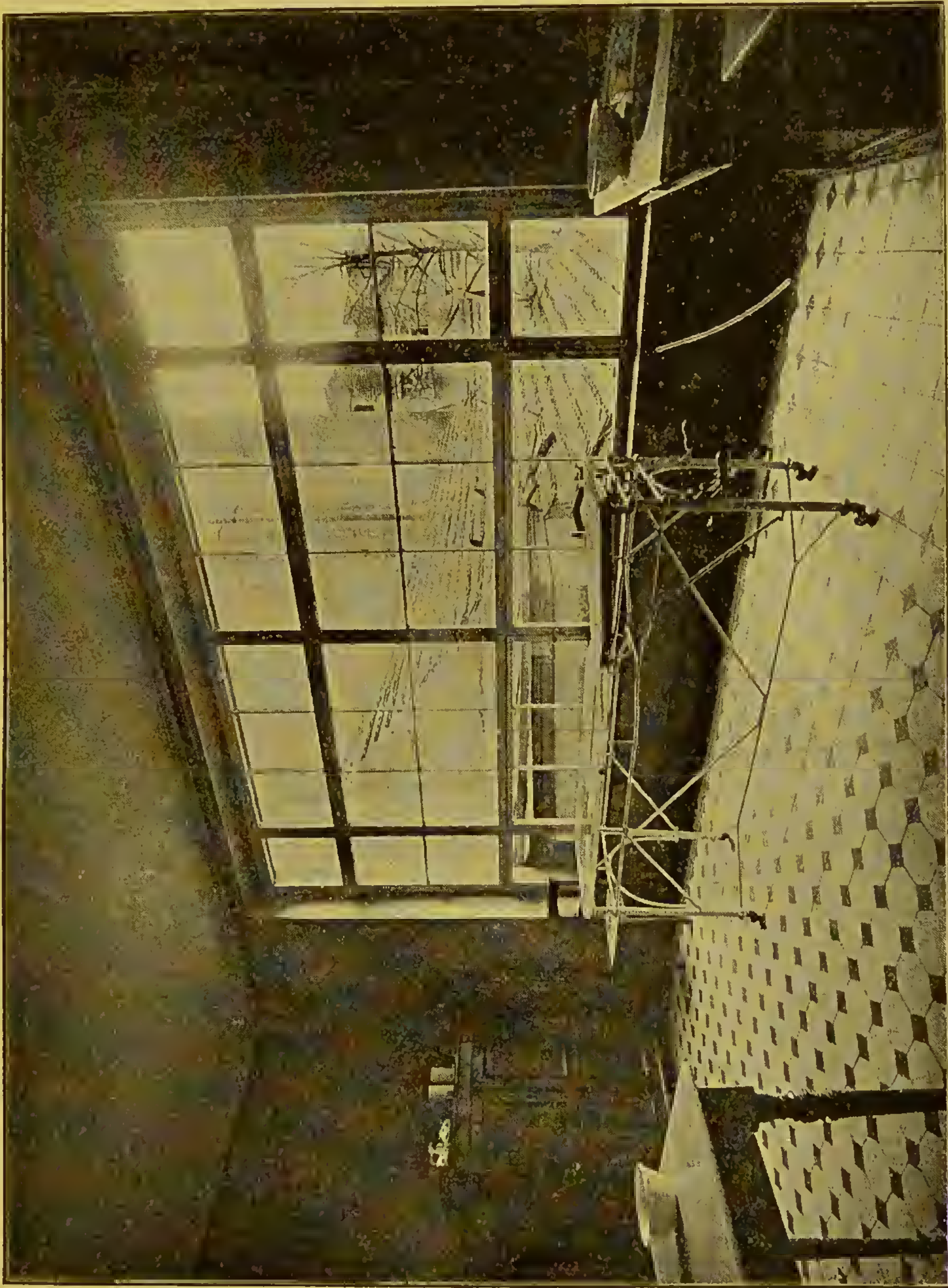


Fig. 9. Mein Operationszimmer. (Lichtfenster, Operationstisch aus Glas und Eisen.)

Man kann ruhig im Hause des Kranken operiren.[1]) Doch scheint es besser, das vorher gewählte (helle und geeignete) Zimmer etliche Stunden vor der Operation vollkommen entleeren und von Grund auf scheuern zu lassen.

Die luftreinigende Brause[a]), die mir stets nur ein Lächeln abgenöthigt, gehört der Vergangenheit an.

a) Carbolspray.

1) Früher hat man es mit Vorliebe gethan, als die Krankenhäuser noch schlecht waren. Jetzt thut man es im Nothfall.

Aber in der Poliklinik, noch dazu nach der Krankenabfertigung, soll man wichtige Augenoperationen nicht vornehmen. Jede Augenheilanstalt braucht ein Operationszimmer.

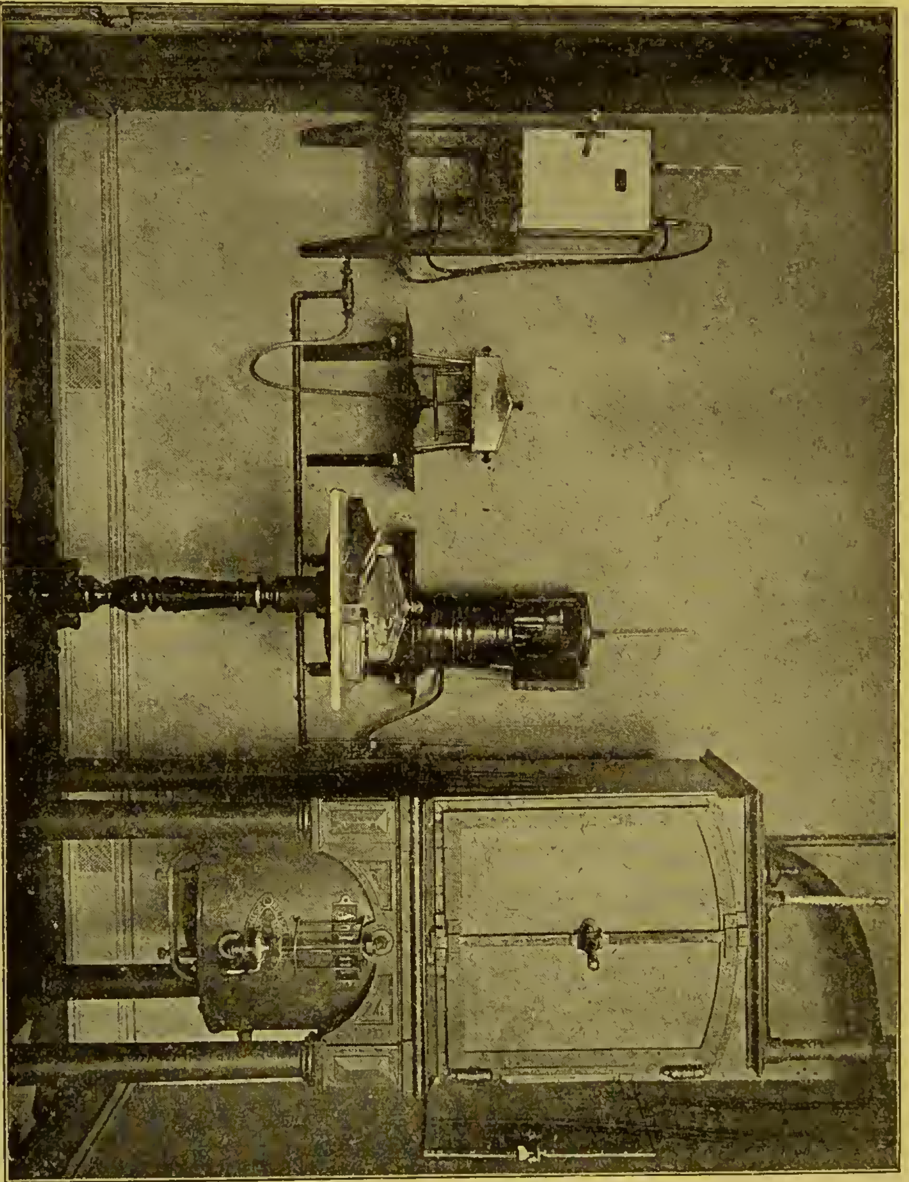


Fig. 10. Mein Operationszimmer. (Rückwand mit den Sterilisirungs-Apparaten.)

Als Assistenzarzt habe ich dies vergeblich zu beweisen gesucht, auf Reisen durch abschreckende Beispiele noch besser erkannt und dann im eignen Hause, wohl einer der Ersten, ein zweckmässiges Augenoperationszimmer eingerichtet.

Dasselbe liegt, von den poliklinischen Räumen völlig getrennt, nach Norden zu. Die nördliche Wand ist ein grosses Lichtfenster. Der Fussboden ist mit Fliesen gedeckt, die Wände mit Wachsöl gestrichen. Vorhänge und andere Staubfänger fehlen.

Das grosse, einladende Marmorwaschbecken bietet Raum für die Reinigung der Hände des Wundarztes und aller Gehilfen. Alle Tische sind aus Marmor, oder aus Glas und Eisen.

Auch der Operationstisch ist ganz aus Glas[1]) und Eisen, mit seitlichen Ausschnitten, so dass man zur Star-Operation bequem heran kann, und mit schräg stellbarem Kopftheil. Metall-Eimer mit Schmelzüberzug stehen bereit, um jedes Verbandstückchen oder Tupferchen aufzunehmen. Die Instrumente liegen in den Spinden auf Glas und Metall.

An der Rückwand befinden sich vier Apparate für die Hitze-Sterilisation von Instrumenten und Verbandsachen.

Nach jedem Operationsvormittag — ich beginne stets mit den Operationen, — wird eine gründliche Reinigung des ganzen Saales, mit Sublimatwaschung des Operationstisches vorgenommen; ebenso in der Frühe jedes Morgens.

Das starke Sublimatwaschwasser dient zur Reinigung aller Porzellan- und Glas-Sachen, die bei der Operation zur Anwendung gelangen, als da sind Glasplatten, Instrumenten- wie Operationstisch, Glaswännchen und Porzellanbretter für die Instrumente, Schälchen und Tropfgläschen.

Septische Fälle (z. B. mit Thränenschlaucheiterung) kommen nicht in diesen Raum. Contagiöse (z. B. mit Augentripper) werden bei mir überhaupt nicht aufgenommen; für diese sind besondere Kranken-Häuser oder Abtheilungen erforderlich.

2) Bei allen verantwortlichen Augenoperationen, z. B. der Star-Ausziehung, erhält, wenn irgend möglich, der Kranke am Abend zuvor ein warmes Vollbad mit Seife und zieht reine Wäsche an. Der Kopf ist gründlich zu waschen, gelegentlich allzureichlicher Haar- und Bartwuchs zu stutzen.

Das Auge selber erhält Abends zuvor und Morgens früh verdünnte Chlorwasserumschläge, je $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde lang, und wird, was das wichtigste ist, unmittelbar vor dem Eingriff gründlichst ausgewaschen, mittelst keimfreier Wattebäuschchen, die in Sublimataugenwasser getränkt sind: und zwar erst die Aussenfläche der Lider, dann recht sorgsam die Lidspalte mit den Wimpern[2]) und ihrem Wurzelboden, hierauf der untere Bindehautsack, endlich der obere, indem man fortwährend neue Bäuschchen nimmt. Theoretisch scheint es ja unmöglich, eine lebende Schleimhaut vollkommen

1) Die Glasplatte ist fünfundzwanzig Mm. dick. Auf dem Kopftheil liegt eine dicke Platte aus Gummi und darüber eine dünne. (Für blutige Operationen besondere.) Die Gummilagen werden vor und nach jeder Operation mit starker Sublimatlösung (1:1000) vollständig gereinigt.

Früher waren gepolsterte Operationsstühle mit Lederüberzug in Gebrauch.

Wird der Kranke im Bett operirt, so ist für frischen Ueberzug und für eine reine Kopfunterlage Sorge zu tragen.

2) Abrasiren der Wimpern ist auch schon empfohlen, wird aber von der grossen Mehrzahl der Fachgenossen nicht geübt und scheint unnöthig. Stutzen der Brauen ist gelegentlich ganz zweckmässig. [Den Weichselzopf habe ich bei Wenigen gefunden und, taub gegen die unbegründeten Klagen, — fortgeschnitten.]

keimfrei zu machen; und darum giebt es noch heute Einzelne, welche ganz darauf verzichten: aber ihre bedeutend höhere Verlustziffer (5 % gegen 1 %; bei der Star-Ausziehung,) spricht dafür, dass praktisch jenes Auswaschen denn doch vollständig genügen dürfte und eine segensreiche Wirksamkeit entfaltet.

Beim Schmutz-Star mache ich das Auswaschen zwei Mal, vor und nach der Cocaïn-Einträuflung. Das schwache Sublimat-Augenwasser (1 : 5000) ist das beste Mittel zur Wundspülung am Auge und zum Befeuchten des Verbandes.

Mitunter, z. B. bei durchbohrender Verletzung, vor der sofortigen Magnetanwendung, muss man sich mit vorsichtiger Waschung der Lider und Cocaïn-Sublimat-Spülung der Wunde begnügen.

3) Der Arzt und seine Gehilfen reinigen die Hände mit warmem Wasser und Seife, Hand- und Nagelbürste, die unter Sublimatwaschwasser 1 : 1000 gestanden haben, mit Alkohol und mit einer Sublimatlösung 1 : 2000; sie ziehen frisch gewaschene, mit dem heissen Eisen gebügelte Leinwandröcke an.

4) Die Instrumente, welche in's Augeninnere eindringen, (bei der Star-Ausziehung bis in die Nähe des so empfindlichen Glaskörpers, der den besten Nährboden für so viele Keime darstellt; bei der Discission, bei der Magnetoperation bis hinein in den Glaskörper,) müsssen auf das sorgfältigste keimfrei gemacht werden und dabei ihre Schärfe behalten. Zum Glück lassen glatte Stahlflächen sehr leicht sich reinigen: sonst wären die verhältnissmässig guten Erfolge der früheren Zeit nicht erreicht worden.

Gründliche Reinigung ist eine gute Asepsie. Aber praktische Zulässigkeit und theoretische Genauigkeit sind zwei verschiedene Dinge. Das Hineintauchen und selbst das Einlegen in Carbolsäure (von fünf Prozent auf kurze Zeit, von zwei Prozent danach auf längere Zeit) giebt keine absolute Sicherheit.

Kochendes Wasser aber zerstört die Eiterpilze sofort, bei der Berührung.[1]) Reingehaltene Instrumente sind zuverlässig, wenn sie ½ bis 1 Minute in siedendes Wasser getaucht waren.[2])

---

1) Davidsohn, Berl. klin. W. 1888. N. 35. (Aus R. Koch's Laboratorium). Einige Augenärzte haben schon lange vorher die Instrumente in Wasser gekocht; jetzt thun es auch die Chirurgen. Hr. v. Bergmann benutzt, um das Rosten zu vermeiden, die einprozentige Sodalösung. Vgl. Schimmelbusch, Aseptik, Berlin 1892.

2) Sie bleiben so meist fast rostfrei; rosten aber stark, wenn man sie in kaltes Wasser legt und dieses aufkocht. Der Heissluft- wie der Dampf-Apparat macht starken Rost, das Glühen in der Flamme verdirbt den Stahl.

Mein Kecher ist aus Nickelmetall, vierkantig, nach eben pyramidenförmig, mit zwei Handgriffen und abhebbarem Deekel. Er wird mit warmem (verher friseh abgekeehtem) Wasser gefüllt, und dieses dureh einen dreiflammigen Gasbrenner sofort zum Sieden gebracht. (Wer im Hause des Kranken eperirt, bedient sich eines Spiritusbrenners, den die Abbildung 11 darstellt.)

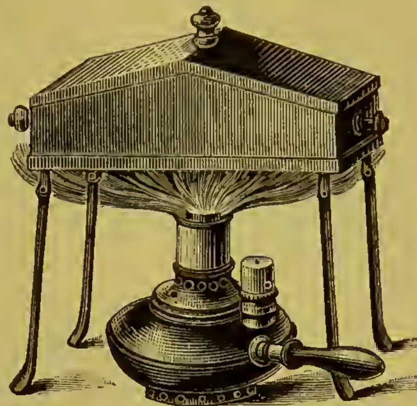


Fig. 11.

Die Star-Instrumente waren soeben verher an sterilisirtem Goldsehlägerhäutchen[1]) geprüft und in eine gereinigte Glaswanne gelegt, die mit abselutem Alkehol aus friseh eröffneter Flasehe (ven 250 Gramm) gefüllt ist; sie werden jetzt, namentlich die scharfen, aus dem Wännchen auf den schrägen Steg (Fig. 12 b) gelegt, wo sie durch eigne Schwere festliegen und dech leicht abhebbar sind; die übrigen kemmen unten auf das Drahtgitter.

Man fasst den Steg an seinen Elfenbeinknepf, setzt ihn in das stark siedende Wasser für $^1/_2$ — 1 Minute; hebt ihn dann wieder heraus und setzt ihn auf den ge-

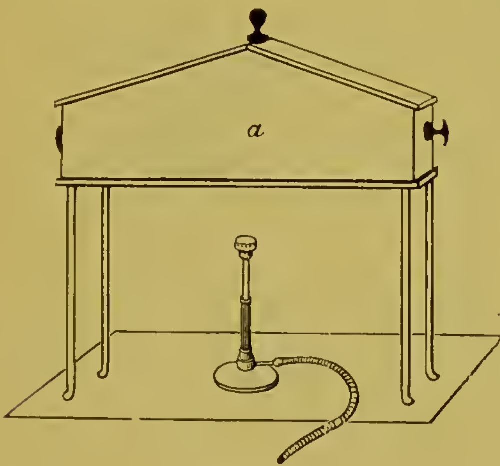


Fig. 12 a.

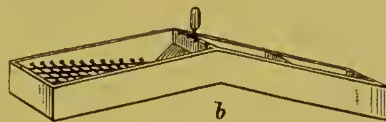


Fig. 12 b.

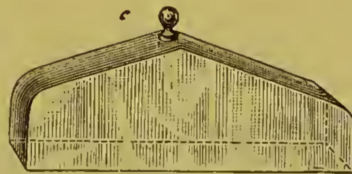


Fig. 12 c.

reinigten kleinen Glas-Eisentiseh. Sefort träufelt das Wasser ab, kühlen sich die Instrumente ab. Abtrecknen ist überflüssig, Zuwarten unnöthig; man kann ungesäumt zur Operation schreiten. — (Fig. 12 e ist eine auf b passende Glasglecke.)

Die Sehneiden werden geschent, die Sicherheit ist eine vellständige. Die Sehnelligkeit ist gross, ebense die Bequemliehkeit.

Nach der Operatien werden die gebrauchten Instrumente sefert in lauem Wasser gereinigt, alle hakigen[2]) mit einer feinen, besonderen Bürste; wieder in ihre

---

1) Handtellergrosse Stückehen werden zwisehen zwei Lagen von Verbandwatte in ein offenes Perzellan-Döschen gethan und für eine Stunde dem heissen strēmenden Dampf ausgesetzt, dann in demselben Döschen aufgeheben.

2) Alle Winkel sind Bakterienfänger, weil in ihnen leicht organisehe Substanz, d. h. Nährbeden, haftet. Darum verwerfen wir alle unnēthig zusammengesetzten Instrumente, wie gedeckte Messerchen, die aus Röhren hervergeschoben werden, u. dgl. Aber winklige Flieten und Hakenpincetten können wir nieht entbehren: nur dürfen

Glaswanne voll absoluten Alkohols gelegt und bei Seite gesetzt;[1]) am Schluss des Operationsmorgens noch einmal — mitsammt der Bürste — gekocht, dann aus dem Alkohol mit keimfreien Leinwandläppchen abgetrocknet und fortgelegt.

Für jede Operation kommen frische, an dem betreffenden Morgen noch nicht gebrauchte Instrumente zur Verwendung; und jedes Mal frisches Siedewasser.

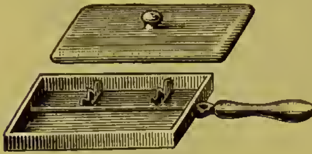


Fig. 13.

Ich hatte noch verschiedene andere Kocher angegeben und verwendet, kupferne mit Stegen oder mit einem Drahtnetz, ähnlich denen, welche heutzutage von den Chirurgen benutzt werden; einen kleinen aus Porzellan (Fig. 13) mit Stegen und Deckel, der jetzt von mir als Instrumentenbrett benutzt wird u. s. w.

Der Sterilisationsapparat von Förster besteht aus Spirituslampe, Kochtopf auf Dreifuss, und einem Einsatz, in welchem die Instrumente mit Klammern befestigt werden. Fig. 14a zeigt den Einsatz in der Seitenansicht, 14b von oben.

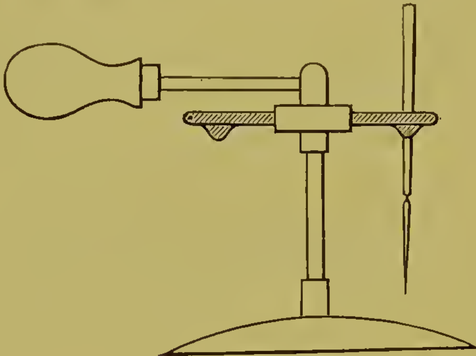


Fig. 14a.

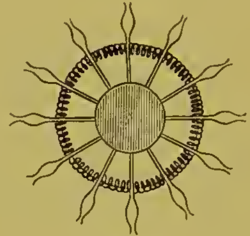


Fig. 14b.

Aber, da bei unseren Operationen nicht sehr viele Instrumente auf einmal gebraucht werden, so kann man auch in einem gewöhnlichen Porzellan-Kocher mit Griff (von 1 Liter, $^1/_2$, $^1/_4$ Liter Inhalt) Wasser sieden; Pincetten, Sperrer, Scheeren einlegen, Messer für $^1/_2$—1 Minute hineinhalten und dann alles ordnungsmässig auf das gereinigte, getrocknete Porzellanbrett[2]) legen. (Figur 15.) Abtrocknen ist nicht nöthig; muss aber, wenn überhaupt, mit keimfreien Läppchen geschehen.

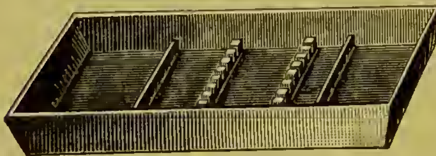


Fig. 15.

So mache ich es für die Pupillenbildung. Ferner für die Schieloperation. Zum Nähen verwende ich niemals Catgut, da es einmal für diese Zwecke nicht so bildsam

---

sie nicht — „Blutkörperchen, Linsenfasern und dgl." enthalten, wenn man sie aus dem Spinde nimmt!

1) Wir haben einen Anrichtetisch und einen Abrüstetisch.

2) Als ich Assistent war, hatte man Instrumentenbrettor, mit rothem Sammt überzogen! Selbständig geworden, liess ich mir solche aus lackirtem Eisenblech anfertigen. Später solche aus dem besten Stoff, aus Porzellan, die allgemein angenommen sind.

Wer nichts der Art beschaffen kann, lege die Instrumente auf ein frisch geplättetes Handtuch, — wie der alte Bartisch vor dreihundert Jahren.

ist wie Seide, und da es vom Arzt nicht so bequem sterilisirt[1]) werden kann; sondern Seidenfäden, die im Glaskasten auf Glasspindeln unter (allwöchentlich erneuerter) fünfprocentiger Carbolsäurelösung aufgehoben, und eingefädelt, mitsammt den Nadeln, ausgekocht werden.

Man kann auch die gekochten Instrumente in eine gereinigte Glaswanne voll sterilisirten[2]) Carbolwassers ($2^1/_2$%) legen und mit den feuchten Instrumenten sofort operiren. Das Auge verträgt diese geringen Mengen Carbol ganz gut, selbst zur Iridectomie und Star-Operation.

So mache ich Magnet- und Cysticercus-Operationen, wobei der Glaskörper eröffnet wird, und Chloroformnarcose, also längeres Liegen der Instrumente, nöthig ist. Eine gereinigte Glasplatte deckt die Wanne.

So mache ich die Ausschälung des Augapfels und Lidoperationen, wobei immer wegen der für unsere Verhältnisse schon stärkeren Blutung eine zweite Glaswanne voll Carbolwasser vorräthig gehalten wird.

Ich liebe es, für Star-Operation, Schiel-Operation, Enucleation, ebenso wie Pincetten und Sperrer, so auch Kocher, Schälchen, Porzellanbretter u. dergl. vollständig getrennt zu halten. Uebrigens ist die Ausführung dieser Vorsichten einfacher, als die Auseinandersetzung. Wer Ordnung geschaffen und Ordnung hält, wird rasch und sicher fertig werden.

4) Alle Verbandgegenstände werden durch heissen strömenden Dampf keimfrei gemacht.

Bis vor einem Menschenalter wurde zerzupfte Leinwand[a]) zum Verbinden benutzt. Dieselbe war unrein und hat viel Unheil angestiftet. Einzelne klardenkende Wundärzte[3]) liessen sie vor dem Gebrauch auskochen!

a) Charpie, franz., von carpere.

Die antiseptische Begeisterung zauberte vor nahezu zwanzig Jahren allenthalben Verbandstoff-Fabriken hervor, in denen man Verbandwatte und Florgewebe mit den für antiseptisch gehaltenen Stoffen durchtränkte. Voll gläubigen Vertrauens haben wir jahrelang Jodoform-, Salicyl-, Carbolwatte, Sublimatgaze angewendet, bis die Untersuchung lehrte, dass die käuflichen Stoffe, frisch eröffnet, Bakterien enthalten und als keimtödtend gar nicht bezeichnet werden können.[4]) Dagegen sind Verbandstoffe, welche für eine

---

1) Es sind durch Catgut schon schwere Vergiftungen vorgekommen (Volkmann, Zweifel); in den chirurgischen Kliniken zu Bern und zu Dorpat wird es nicht mehr angewendet. — Nicht Astley Cooper hat zuerst mit Darmsaiten unterbunden, wie Schimmelbusch (S. 102) meint; sondern eher — Galen. (Meth. med. XIII, 22. — Ausg. v. Kühn Band X, S. 911.)

2) Es klingt ja wunderbar, das, was man vor Kurzem noch ein Antisepticum nannte, erst zum Gebrauch aseptisch zu machen, durch Einwirkung des strömenden Dampfes. Aber wir sind in den letzten Jahren in unseren Anforderungen weit strenger geworden.

3) Larrey. (Bonaparte's Zug nach Aegypten, 1798.)

4) Laplace, deutsche med. W. 1887 N. 40. — Schlange (Arch. f. klin. Chir. B. 36, S. 903.) untersuchte aus einer angesehenen Fabrik zehnprozentige Jodoform-

Stunde dem heissen, strömenden Wasserdampf[1]) ausgesetzt waren, sicher vollkommen keimfrei; nicht blos Eiterpilze, sondern sogar die so überaus zähen Milzbrandsporen sind darin nach fünfzehn Minuten vollkommen abgetödtet.

Seit mehreren Jahren verwende ich nur sublimatfreie, mit heissem Wasserdampf keimfrei gemachte Verbandsachen.

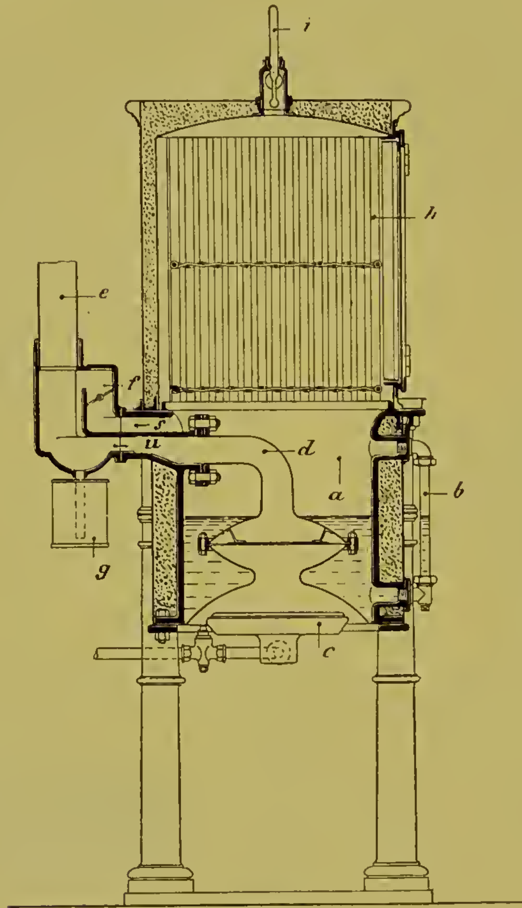


Fig. 16.

In der Rückwand meines Operationszimmers steht ein Henneberg'scher Desinfektor (*Ao* — der erste dieser Art, der aufgestellt worden. —). Wöchentlich einmal werden eingelegt etwa 100 Binden (in halboffenen Porzellantöpfen), 12—18 geschlossene Verbandpatronen[2]), zugeschnittene Leinwandstückchen und Florgewebe-

---

watte, zehnprozentige Carbolwatte, einprozentige Sublimatgaze und fand kein einziges Päckchen bakterienfrei. Die Bruns'sche Verbandwatte enthält sehr zahlreiche Bakterien, welche sogar die Gelatine verflüssigen. (C. Fränkel.)

1) M. Wolff, Koch, Wolffhügel, Gaffky, Löffler, v. Esmarch.

2) Diese sind schon in der Fabrik mit heissem Dampf sterilisirt. Aber, wer keimfrei arbeiten will, kann sich auf keinen Fabrikanten verlassen. Die Papppatrone von 50 Gramm wird erst unmittelbar vor dem Gebrauch eröffnet.

tupfer[1]) (gleichfalls in Porzellantöpfen), zwei Dutzend reine Handtücher für Staroperation u. s. w., auch einige (gutverbundene) Viertel-Literflaschen voll Carbolwasser.

Eine Stunde lang lässt man die auf 100° C. erhitzten Wasserdämpfe durchströmen. Dann trocknet man die Verbandstücke innerhalb des Apparates mittelst filtrirter Luft und hebt sie sauber und zuverlässig auf, im verschlossenen Spinde.

Die folgende Beschreibung des Henneberg'schen Desinfectors (*A o*) ist mir von den Verfertigern geliefert worden.

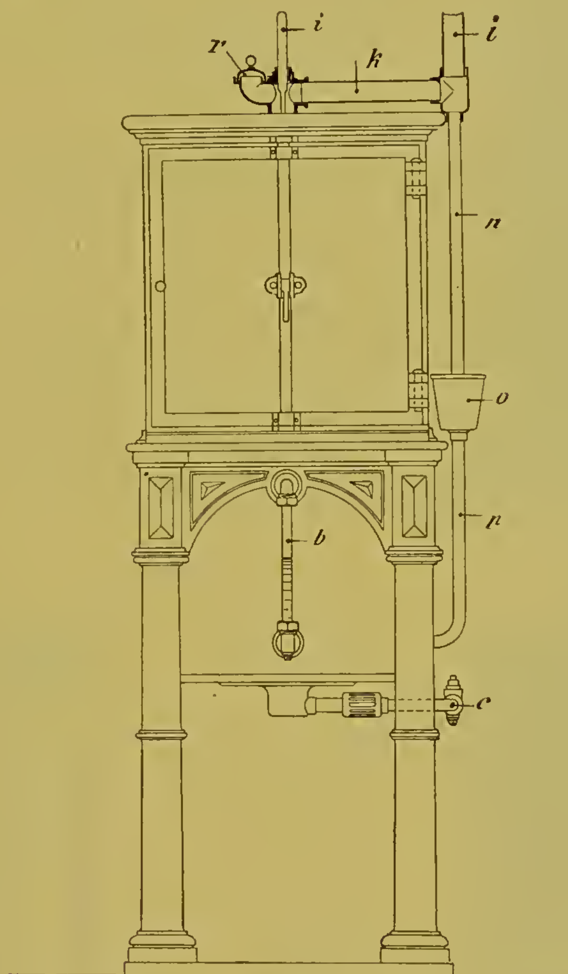


Fig. 17.

„Figur 16 stellt den Desinfektor im Querschnitt, Figur 17 in der Vorderansicht dar. Der Apparat besteht, wie Figur 16 erkennen lässt, aus dem unteren, zur Erzeugung des Wasserdampfes bestimmten Theil *a* und der direkt über dem Verdampfungsapparat befindlichen Desinfektionskammer *h*. Letztere ist an der Vorderseite mit einer dicht schliessenden Thür versehen und auf allen Seiten mit einem Wärmeschutzmantel ausgerüstet. Die Erzeugung des Wasserdampfes geschieht durch den Gasbrenner *c*, dessen Feuergase durch den, dem Wasser eine grosse Oberfläche bietenden, linsenförmigen Heizkörper hindurchziehen und schliesslich durch das Rohr *d* und Kanal *u* nach dem Schornstein *e* gelangen. Der erzeugte Wasserdampf steigt

---

1) Dieselben werden nur einmal gebraucht und gleich fortgeworfen. — Schwämme sind verbannt.

vom Wasserspiegel aus direkt empor in die Desinfektionskammer *h* und zieht durch das Rohr *k* nach dem in's Freie führende Abdampfrohr *l* hin.

Um nach beendeter Desinfektion ein weiteres Ueberströmen des Dampfes in die Desinfektionskammer zu verhindern, ist zwischen der Desinfektionskammer und dem Schornstein *e* ein Kanal *s* hergestellt, welcher durch die Drosselklappe *f* verschliessbar ist. Gleichzeitig befindet sich oben auf der Desinfektionskammer eine abnehmbare Glocke *r*. Die Wirkung dieser Einrichtung besteht darin, dass bei abgenommener Glocke *r* und geöffneter Drosselklappe *f* durch die Wirkung des Schornsteins frische Luft oben in die Desinfektionskammer eingesaugt und diese Luft gleichzeitig mit sämmtlichen im ganzen Apparat befindlichen Dampf durch den Kanal *s* zum Schornstein hingeführt wird."

Gleichzeitig werden dadurch die Verbandsachen vollkommen getrocknet. — Ich pflege auf die Oeffnung *r* einen gereinigten Wattebausch zu legen, durch den die angesaugte Luft filtrirt wird.

Der Dampfsterilisator von Lautenschläger kann in jedem Zimmer aufgestellt werden da er nicht mit dem Schornstein verbunden ist. (Fig. 18 u. 19.)

Derselbe besteht aus zwei in einander gesteckten Kesseln (M und N), zwischen denen ein cylindrischer Wasserraum (O) von mehreren Centimetern Breite übrig bleibt. Der Deckel mit Thermometer wird aufgeschraubt, das eingefüllte Wasser mit einem Gas- oder Spiritusbrenner erhitzt. Der Dampf dringt von oben in den inneren Cylinder, welcher die Verbandsachen enthält, und wird unten durch ein Rohr abgeleitet nach einem mit Wasser gefüllten Kühlgefäss.

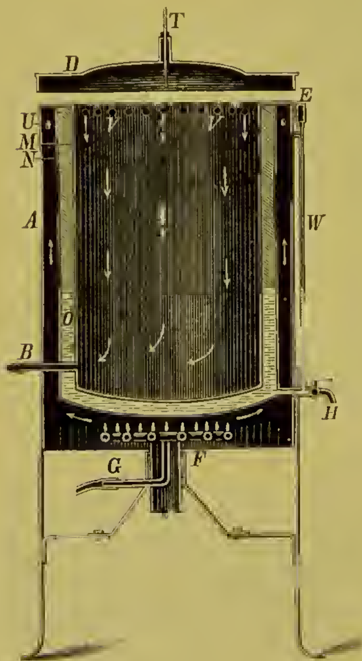


Fig. 18.

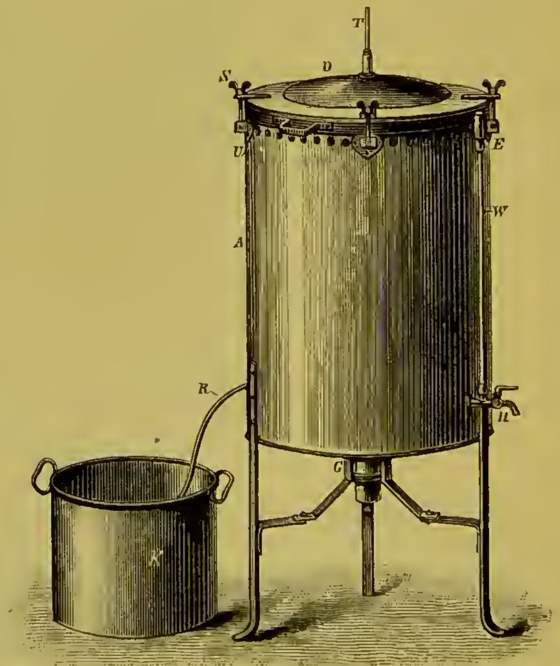


Fig. 19.

Noch einfacher, aber für die Zwecke des praktischen Arztes hinreichend und wohlfeil ist der R. Koch'sche Dampfkochtopf. (Fig. 20.)

5) Alle die bei der Star-Operation und den anderen verantwortlichen Eingriffen anzuwendenden Augen-

wässer werden in geschlossener Flasche durch heissen strömenden Dampf keimfrei gemacht.

Unmittelbar vor dem Star-Schnitt träufeln wir Cocaïnlösung ein, Physostigminlösung sogar nach Eröffnung der Hornhaut und der Linsenkapsel. Da können wir uns nicht allein auf den Apotheker verlassen, wenn wir keimfrei arbeiten wollen; denn die mikroskopische Untersuchung hat uns die Anwesenheit von Pilzen in neuen, frisch eröffneten Flaschen von Cocaïn- und Physostigmin-Lösung nachgewiesen.



Fig. 20.

Jeder Star-Kranke erhält seine eigene Flasche Sublimat-Augenwasser (1:5000; und zwar 0,02:100 Gramm), ferner Cocaïn-Lösung (2%), Physostigmin-Lösung (1%), je 2,5 Gramm.

Die vom Apothcker möglichst steril, mit frisch gekochtem destillirtem Wasser hergestellten Lösungen werden des Morgens vor der Operation in einem kleinen Müncke'schen Ofen aus Kupfer, der gleichfalls im Operationszimmer sich befindet, für ¼ Stunde dem strömenden, heissen Dampf ausgesetzt; und verbleiben darin bis zum Gebrauch.

Die verschlossenen Flaschen platzen nicht, die Sättigung der Lösungen ändert sich nicht, ihre physiologische Wirkung bleibt erhalten.[1])

Die Flaschen sind, wenn der Wundarzt sie in die Hand nimmt, aussen wie innen keimfrei. Praktisch ist es, durch die Farbe der Flaschen sofort den Inhalt kund zu geben, z. B.

blau = Cocaïn,
braun = Physostigmin,
weiss = Atropin.

Zum Schluss bemerke ich noch, dass an der Rückwand meines Operationszimmers neben dem Verband-, dem Arznei- und dem Instrumenten-Reiniger noch viertens ein Rohrbeck'scher Heissluft-Kasten angebracht und auf 130° C. eingestellt ist. Derselbe wird benutzt:

1) wenn Verbandsachen oder Läppchen sparsam geworden, um kleinere Mengen keimfrei herzurichten;

2) um Dinge, welche heissen Dampf nicht vertragen, keimfrei zu machen, z. B. die gestärkten Gazebinden, die den Verband befestigen; oder die chinesische Tusche zum Färben von Hornhautflecken.

---

1) Physostigmin-Salicylat-Lösung wird röthlich, das Sulfat tiefroth. — Aufkochen im Proberöhrchen ist weniger vortheilhaft. Cocaïn verträgt längeres Kochen gar nicht.

Die Vereinigung der vier Apparate (vgl. Fig. 10) ist eine praktische Anwendung des alten Glaubens und der neuen Ueberzeugung von der reinigenden Kraft des Feuers und der Hitze.

Die sorgsamste Befolgung der Reinlichkeitsvorschriften und nicht blindes Vertrauen in sogenannte antiseptische Flüssigkeiten sichert den dauernden Erfolg der Augenoperationen.

Die glückliche Unbefangenheit der früheren Zeit ist geschwunden, aber mit dem peinigenden Gefühl grösserer Verantwortlichkeit ist auch befriedigende Sicherheit des Erfolges bei uns eingezogen.

Geschichtliche und praktische Bemerkungen über Wundbehandlung des Auges.

Dass Wunden am Auge rein zu halten sind, dürfte heutzutage wohl Niemand in Zweifel ziehen; und offen gestanden, hat es auch früher Niemand bezweifelt.

Schon Hippocrates[1]) empfahl dringend ganz reine Verbandstoffe. Celsus[2]) rieth, nach der Star-Operation mit entzündungswidrigen Mitteln zu verbinden.

Galen[3]) umgab eine grössere Arterie in der Schläfe, bevor er sie — wegen Augenentzündung — ausschnitt, oben wie unten mit einer Schlinge aus aseptischem Stoffe.

Bartisch,[4]) der erste deutsche Augenarzt, warnt dringend vor unreinen Star-Nadeln.

Aber die eigentlich antiseptische oder vielmehr aseptische Wundbehandlung bei Augenoperationen und namentlich bei dem Star-Schnitt lebt doch erst ein halbes Menschenalter. Die Augenheilkunde ist auf diesem Gebiete der Chirurgie langsam und zögernd nachgeschritten.

Dies lag an verschiedenen Ursachen. Einmal waren die Erfolge der Augenoperationen, auch ohne die bekannten Vorsichten der heutigen Wundarzneikunst, als ziemlich gute zu bezeichnen und erst kurze Zeit zuvor, namentlich auf Anregung von Graefe's (1867) durch Vervollkommnung der mechanischen Verhältnisse noch wesentlich verbessert worden.[5]) Sodann schien der typische Listerverband gerade bei den typischen Augenoperationen, namentlich bei dem Star-Schnitt, nicht angezeigt zu sein, wenngleich ja die in den unglücklichen Fällen auftretende Vereiterung des Augapfels[a]) als septische, d. h. durch Eindringen von Eiterpilzen bedingte Wundkrankheit aufzufassen war. Denn die Star-Operation liefert nicht Wundabsonderung, die durch Drainröhren abgeleitet werden könnte oder durch Carbolsäure unschädlich gemacht werden müsste. Endlich lehrte die unmittelbare Erfahrung, dass Ver-

a) Pantophthalmie. (Panophthalmitis.)

1) Littré's Ausg. II. 302: ἐπιδέσματα καθαρά. Vgl. mein Wörterbuch der Augenheilk. 1887, S. 7. Mein Freund Anagnostakis zu Athen hat, hierdurch veranlasst, eine schöne Arbeit geschrieben: Die antiseptische Methode bei den Alten. Athen 1889.

2) De med. VII, 7, 14.

3) M. m. XIII, 22. (Ausg. v. Kühn X. 942): ἐξ ὕλης δυσσήπτου.

4) Augendienst, Dresden, 1583.

5) Etwa fünf Prozent Verluste, d. h. Vereiterung des Auges, nach der Ausziehung des harten Alters-Stars.

suche mit Listerschen Methoden keineswegs zum besonderen Vortheil für die operirten Augen ausschlugen.

Allmählich fand man aber die richtigen Grundsätze auch für die Wundbehandlung des Auges und damit auch zweifellos bessere Erfolge, als früher. Horner in Zürich hatte 1867 bis 1870 bei 211 Starextractionen 6,6% Verluste; unter Befolgung antiseptischer Vorsichten 1870—1875 nur 1,5% bei 391 Extractionen, und 1875—1880 sogar nur 1,1% bei 346 Extractionen von uncomplicirten Altersstaren. J. Jacobson in Königsberg findet beim Rückblick auf seine 30jährige Praxis 10% Verluste bei der alten Lappenextraction, 3 bis 5% bei v. Graefe's Methode, in den Jahren 1883 und 1884 keinen Verlust unter 137 Extractionen. A. Graefe in Halle berichtet über 1414 Extractionen, die er von 1877 bis 1884 unter vier verschiedenen Abänderungen der Wundbehandlung ausgeführt, die Verlustziffer betrug 5½%, 6¼%, 4⅔% und in der letzten Reihe (190 Fällen) 1 bis 2%. Bei der letzten Reihe kam Sublimatlösung (1:5000) zur Verwendung, welche, nach R. Koch's Entdeckung, auf Grund eigner Versuche zuerst von H. Sattler für die Augenheilkunde empfohlen worden ist. Später hatte A. Graefe in 440 aufeinanderfolgenden Starextractionen keinen einzigen Fall von Vereiterung.[1]) Das hatte früher kein Wundarzt zu Stande gebracht!

Ich selber hatte im Anfang meiner eignen Praxis (1869) für alle Kranken zunächst das Gesetz der vollständigen Materialientrennung eingeführt[2]) und dadurch die Contagion von Augenentzündung gänzlich ausgeschlossen. Für die Wundbehandlung schien mir die Asepsie[3]) stets das erstrebenswerthe Ziel zu sein. (Vgl. C. Bl. f. A. 1878 S. 151 und A. f. O. 1882.)

Jetzt hat die vorgeschrittenste Chirurgie die Fahne der Asepsie erhoben, wofür das in diesem Jahre (1892) erschienene Buch von Schimmelbusch aus der Klinik des Herrn v. Bergmann ein beredtes Zeugniss ablegt. Nicht Spray, nicht in Carbol gelegte Instrumente, nicht Carbolberieselung der Wunde, nicht carbolgesättigter Verband; sondern keimfreie Instrumente, keimfreie Tupfer, keimfreier Trockenverband!

Asepsie bedeutet Sorgfalt, Sauberkeit, Thatkraft. Sie lässt sich wohl verschieden handhaben. Doch ist es von Vortheil, ein einheitliches und übersichtliches Verfahren zu besitzen.

Nachdem wir von der Asepsie gesprochen, wollen wir noch mit zwei Worten

---

1) Ein Fachgenosse hatte von 1877 bis 1883 vierzehn Prozent Verluste bei der Star-Ausziehung, 1888 bis 1890 unter den neueren Vorsichten bei 234 Starextractionen nur einen Verlust durch Vereiterung.

Ein so eindrucksvolles Gemälde, wo auf der einen Seite nur Licht, auf der anderen nur Schatten sich findet, vermag ich von meinen eignen Erfahrungen nicht zu zeichnen.

Ich hatte bis 1874 unter 200 Fällen 4% Verluste durch Vereiterung; 1885/6 unter 100 Fällen 2%; nach Durchführung der Hitze-Sterilisation, 1888 bis 1891, unter 200 Fällen keine Vereiterung, eine Pupillensperre.

Die Sache ist erledigt. Nur wenige Querköpfe sträuben sich noch gegen die reinliche Wundbehandlung, — wie unartige Kinder gegen das Waschen.

2) Dieser wichtige Gegenstand soll noch weiter behandelt werden.

3) 1882., A. f. O. XXVIII, 1, S. 249: „Mir ist eine aseptische Anstalt lieber als die antiseptische Wundbehandlung."

auf die Sepsis[1]) eingehen. Wenn nach Verwundung oder Operation der Augapfel vereitert; so sind Eiterpilze[a]) entweder sofort eingeführt worden, oder nachträglich von der Bindehaut eingewandert. In seltenen Fällen wird durch Vereiterung des Augapfels sogar das Leben bedroht, indem die Entzündung längs des Sehnerven sich auf die Hirnhäute fortpflanzt.[b]) Allerdings vermag beim Thierversuch das Einbringen von keimfreien chemischen Reizstoffen z. B. von Terpentinöl, sowie auch von reinen Stoffwechselproducten der Bacterien, z. B. von Cadaverin, im Unterhautzellgewebe eine akute Eiterung hervorzubringen. Aber die Eiterbildung, welche wir beim Menschen beobachten, ist fast immer die Reaction des Gewebes auf die Anwesenheit und Lebensthätigkeit von Mikroorganismen und zwar von bestimmten, specifisch durch ihre Stoffwechselproducte wirkenden Bakterien. (Vgl. C. Fränkel, Bacterienkunde, III. Aufl. S. 436 fgd. R. Koch, Aetiol. d. Wundinfect.-Kr., 1878.) — Eindringen der Eiterpilze aus inneren Krankheitsherden in die frischen Wunden[c]) ist nicht ganz unmöglich, kommt aber thatsächlich fast gar nicht oder überaus selten vor, — wenn wir nicht Unglücksfälle nach Operationen beschönigen wollen.

a) Streptococcus, Staphylococcus.

b) Meningitis suppurativa.

c) endogene Infection.

Staphylokokken, die in 80% der Eiterung beim Menschen gefunden werden, sind im Mundspeichel, auf der Haut des gesunden Menschen, im Wasser, in der Luft, im Zimmerstaub u. s. w. fast regelmässig anzutreffen. Dies begründet und rechtfertigt unsere besonderen Vorsichtsmassregeln.

Da Eiterpilze sogar in dem Bindehautsack vorkommen, selbst bei anscheinend Gesunden oder wenig Erkrankten; so empfiehlt sich das gründliche Auswaschen der Bindehaut und des Lidspaltentheils vor der Star-Operation ganz von selber; es wurde schon früher geübt, ehe wir diese Kenntnisse besassen. Ebenso muss jede frische, namentlich durchbohrende Verletzung des Augapfels sorgsam abgespült werden, am besten mit Sublimat-Augenwasser. (1:5000.)

Das Augeninnere, besonders der Glaskörper, stellt wegen des eiweisshaltigen Nährbodens und der Körperwärme, wie die Forscher aus Thierversuchen wissen und die Wundärzte zu ihrer Betrübniss erfahren, den besten Brütofen dar für Spalt- und Schimmelpilze; dieselben wachsen und gedeihen, während die Gewebe des Auges zu Grunde gehen. Pilze, die an der Oberfläche des Auges bei unversehrten Deckzellen ganz unschädlich sind, vermögen, wenn sie durch Verletzung oder bei Operation in's Augeninnere verpflanzt werden, die schädlichsten Wirkungen zu entfalten.[2])

Verhütung der septischen Eiterung im Auge müssen wir auf unsere Fahne schreiben. Heilung ist schwer. 1. Am ehesten gelingt letztere noch, wenn die Pilze hauptsächlich in der Augapfelhülle sitzen, z. B. in der Hornhaut. 2. Schwieriger ist es, wenn die Vorderkammer, bezw. die Regenbogenhaut bereits stark ergriffen war. 3. Am schwierigsten gelingt die Heilung des Glaskörperabscesses. Was man früher bei beginnender Vereitorung des Augapfels, z. B. nach

---

1) Wohlgemerkt, diese Namen sind eigentlich nicht ganz richtig. Nicht blos Fäulnisspilze machen Eiterung, noch Eiterpilze Fäulniss.

2) Bei einem gesunden Arbeiter fand ich ganz frische Verletzung der Hornhaut und der Linsenkapsel durch einen Eisennagel, und ein Wimperhaar mit zwei der Wurzel anhaftenden Schleimflöckchen vom Lidrand her in die Regenbogenhaut eingepflanzt. Der Verletzte wollte durchaus nicht bleiben und kam am folgenden Tage mit eitriger Regenbogenhautentzündung. Nur mühsam konnte durch sofortige Ausschneidung des vereiterten Stückes der Regenbogenhaut und Ausziehung des Haars nebst den Flöckchen das Auge gerettet, und ein halbes Jahr später durch eine zweite Operation[d]) ihm die Sehkraft wieder gegeben werden.

d) sogen. Iridocapsulotomie.

Star-Schnitt, empfohlen hat, — Aderlass, Brech- und Abführmittel, Bestreichen der Lidhaut, Schnürverband, — hilft ebensoviel, wie Gesänge gegen eine Feuersbrunst. Heilend wirkt die Beseitigung derjenigen Massen, welche die Eiterpilze enthalten: durch Ausziehen, soweit sie beweglich sind; durch Ausbrennen, soweit sie fest mit den Augapfelhüllen verbunden sind. Der glühende Platindraht bewirkt Wunder, solange der Glaskörper noch nicht vereitert ist. Einspritzungen (von Sublimatlösung) in den Glaskörperabscess werden neuerdings empfohlen, — aber nicht von mir.

Zusatz. In klinischer Hinsicht sind drei Arten von Eiter am Auge zu unterscheiden:

1) Der Trippereiter,[1]) welcher den Tripperpilz[a]) enthält, steckt jede gesunde Bindehaut an, durch blosse Berührung der unversehrten Oberfläche. [a]) Gonococcus.

2) Der Thränenschlauch-Eiter, welcher Eiterpilze[2]) enthält, vermag die unversehrte Oberfläche des Augapfels nicht anzustecken, dringt aber bei Verlust der Deckzellen, z. B. der Hornhaut, sofort in die Tiefe und erzeugt Vereiterung; er ist die häufigste und wichtigste Ursache der Vereiterung des Auges nach Star-Operation. Es ist unerlässlich, die Thränenschlauch-Eiterung zu bessern, bezw. zu heilen, ehe man zum Star-Schnitt schreitet.

3) Der Eiter der Liddrüschen, die Schleimflöckchen des Lidrand- und Bindehautcatarrhs sind an sich ganz unschädlich für das Auge; nur dürfen sie nicht durch Verletzung oder Operation in's Augeninnere verpflanzt werden.

Für die örtliche Behandlung der Augenkrankheiten, welche mit der Hand geschieht, darum zur Chirurgie[3]) im weiteren Sinne gerechnet werden kann und für den praktischen Arzt noch viel wichtiger ist als das Gebiet der Augenoperationen, kommt der folgende Hauptsatz in Betracht:

Alle Schleim und Eiter absondernden Augenkrankheiten sind ansteckend, am meisten der Eiterfluss der Bindehaut; die Ansteckung geschieht durch Uebertragung des Eiters auf die gesunde Bindehaut, sei es des andern Auges, sei es eines andern Menschen.[4])

Hieraus ergiebt sich eine praktische Folgerung:

Ansteckung eiternder Bindehautkrankheiten wird ganz sicher vermieden durch vollständige Trennung

---

1) Für Augenoperationen kommt er wenig in Betracht. Aber nicht blos vor längerer Zeit (1839, Piringer,) sondern auch noch neuerdings, wie ich in einem amerikanischen Bericht gelesen, ist Verlust des operirten Auges durch Tripperansteckung beobachtet worden. — Fälle von Augentripper und von Star-Operation sollen nicht neben einander gelegt werden!

2) Widmark fand vier, Sattler zehn verschiedene Mikroben darin, von denen sechs Eiterung erzeugten.

3) χειρουργία, von χείρ Hand und ἔργον, Werk.

4) Contagion durch Contact. Luftcontagium der Bindehauteiterung beruht auf Einbildung. Dies glaube ich durch vollständige Verhütung jedes Falles von derartiger Ansteckung, bei weit mehr als hunderttausend Kranken, nachgewiesen zu haben.

der Materialien,[1]) die ich am ersten Tage meiner eigenen Thätigkeit eingeführt habe. Jeder Kranke erhält seine eignen Sachen zur örtlichen Behandlung: Lösungen, Pinsel, Gläser. Der Arzt muss von Seife, Wasser, Bürste reichlichen und regelmässigen Gebrauch machen.

B. Betäubung.

Das kostbare Geschenk der Betäubung[2]) sichert uns die regelrechte Ausführung der Augenoperationen.

Zur örtlichen Betäubung dient die reichliche Einträuflung einer zweiprozentigen Lösung von salzsaurem Cocaïn in den Bindehautsack und über die Hornhaut.

Cocaïni hydrochlorici	0,1
Aq. dest., rec. coct., (oder Aq. sublimat.)	5,0.

Bezüglich unserer wichtigsten Operation, der Kernstar-Ausziehung, können wir dem Blinden tröstend verheissen, er werde bei vollem Bewusstsein und ohne den geringsten Schmerz von seiner Starblindheit befreit werden. Die örtliche Betäubung hat gerade hier namhafte Vortheile, da wir zur Vollendung der Operation der willkürlichen Augenbewegungen, also einiger Mithilfe des Kranken, nicht gern entrathen. Nur wenn der Vorversuch[3]) zeigt, dass der (erwachsene) Kranke sich gar nicht beherrschen kann und dass er auch nicht in kürzerer Zeit zur Selbstbeherrschung zu erziehen ist, und sonst ausnahmsweise bei besonderen Gefahren, ist die allgemeine Betäubung durch Chloroform vorzuziehen. Letztere ist auch am Platz, wenn man den durch stark entzündliche Drucksteigerung[a]) gespannten Augapfel zu eröffnen hat,[b]) zumal hierbei, wegen der Röthung und Schwellung der Bindehaut, das Cocaïn seine hilfreiche Wirkung versagt, und da überhaupt die Iris durch Cocaïn nicht unempfindlich wird. Dagegen kann man bei Erwachsenen leichtere Iridectomien unter Cocaïneinträuflung regelrecht, wiewohl nicht ganz schmerzlos verrichten. Auch Schieloperationen, — diese mit dem besonderen Vortheil, dass der Kranke uns durch seine Augenbewegungen unterstützt. Bei Lidoperationen, ja sogar bei der Ausschälung des

a) Glaucoma acutum.
b) Iridectomie.

1) Anti-Socialismus, Individualismus.

2) *νάρκωσις*, Betäubung, bei Hippocr. im leidenden Sinne; im thätigen erst seit der Mitte unseres Jahrhunderts. Auch *ἀναισθησία*, Unempfindlichkeit, wurde von den Griechen nur im leidenden Sinne angewendet, während die Deutschen „locale Anaesthesie“ für „örtliche Betäubung“ sagen.

3) Tags vor der Star-Operation lege ich dem Kranken den Lidsperrer ein, ohne Cocaïn, und übe das Auf- und Abwärtsblicken.

Augapfels, wird ein bis zwei Gramm der zweiprozentigen Lösung des Cocaïn nach verschiedenen Richtungen unter die Haut, bezw. Schleimhaut gespritzt.

Unmündige, d. h. Kinder, und auch Unvernünftige müssen zu allen Operationen im Augeninnern mit Chloroform (oder Schwefeläther) betäubt werden.

Die Betäubung muss aber eine vollständige sein. Ist bei halber Betäubung der Augapfel eröffnet, so kann das Schlimmste erfolgen.[1])

Zur Untersuchung des Kranken ist Betäubung nur selten erforderlich. Wenigstens habe ich die Augenspiegelung bisher noch immer, auch bei den unruhigsten Kindern, mit Geduld und ohne Chloroform zu Stande gebracht. Aber bei schwerer, durchbohrender Verletzung des Auges von Kindern und sehr unruhigen Erwachsenen empfiehlt es sich, einen vorläufigen Verband anzulegen und dann unter Betäubung die Untersuchung vorzunehmen und die nöthige Behandlung sogleich daran zu schliessen.

Geschichtliche und praktische Bemerkungen über Betäubung bei Augenoperationen.

Schon seit uralter Zeit hat man gelegentlich[2]) versucht, die Empfindlichkeit des Kranken bei den Operationen zu verringern. Aber erst das neunzehnte Jahrhundert tödtete den Schmerz.

---

1) Austritt des Glaskörpers, ja selbst der Netzhaut, so dass der Augapfel sogleich oder später entfernt werden muss.

2) Die alten Aegypter kannten den Schlaftrunk und die berauschende Kraft der Alraunwurzel, die sie vielfach in der Heilkunde verwendeten. (Aegyptisch d'-d', hebr. dudaim, griech. *μανδραγόρας*, bei Linné Atropa Mandragora.)

Von den alten Griechen erwähnt Dioscorides die wundärztliche Betäubung mittelst der Alraunwurzelabkochung.

Πεδανίου Διοσκορίδου περὶ ὕλης ἰατρικῆς Δ, ος' (Edit. Curt. Sprengel, B. I, p. 570—571): *Μανδραγόρας . . . ἔνιοι δὲ καθεψοῦσιν οἴνῳ τὰς ῥίζας ἄχρι τρίτου καὶ διϋλίσαντες ἀποτίθενται, χρώμενοι ἐπὶ τῶν ἀργύπνων καὶ περιοδυνώντων κυάθῳ ἑνὶ, καὶ ἐφ' ὧν βούλονται ἀναισθησίαν τεμνομένων ἢ καιομένων ποιῆσαι.* Und zwei Seiten weiter (I, 573):

Ἱστοροῦσι δὲ καὶ ἑτέραν μόριον λεγομένην . . . . ἥν φασι πινομένην ὅσον <α', ἢ μετὰ ἀλφίτων ἐσθιομένην ἐν μάζῃ ἢ ὄψῳ ἀποκαροῦν· καθεύδει γὰρ ὁ ἄνθρωπος ἐν ᾧπερ ἂν φάγοι σχήματι, αἰσθανόμενος οὐδενὸς ἐπὶ ὥρας γ' ἢ δ', ἄφ' οὗπερ ἂν προσενέγκηται· χρῶνται δὲ καὶ ταύτῃ οἱ ἰατροὶ, ὅταν τέμνειν η καίειν μέλλουσι.

Vgl. Plin. sec., nat. hist., l. XXV c. 13. s. 94 (Ed. Sillig, IV, 150. (Mandragorae) . . radices tunsae vel in vino nigro ad tertias decoctae . . Vis somnifica pro viribus bibentium; media potio cyathi unius. Bibitur et contra serpentis et ante sectiones punctionesque, ne sentiantur; ob haec satis est aliquis somnum odore quaesisse.

Drei Zeitabschnitte sind zu unterscheiden. Der erste reicht von den ältesten Zeiten bis gegen die Mitte unseres Jahrhunderts, d. h. bis zur Einführung der allgemeinen Betäubung mit Schwefeläther und mit Chloroform. Der zweite reicht von da bis zum Jahre 1884, d. h. bis zur Einführung der örtlichen Betäubung des Auges durch Cocaïneinträuflung. In dem dritten Abschnitt leben wir jetzt noch.

I) Haben sich vor Einführung der Betäubung Uebelstände herausgestellt, die von der Empfindlichkeit der Kranken bei Augenoperationen abhingen? Ohne jeden Zweifel, obschon die älteren Wundärzte, im Anfang unseres Jahrhunderts, da sie von der Möglichkeit einer sicheren Betäubung keine rechte Vorstellung hatten, dies nicht ausdrücklich hervorheben. Aber sie sprechen von der Nothwendigkeit, die einmal beschlossene Operation sofort auszuführen, da die Aengstlichkeit der Kranken von Tag zu Tag, ja von Stunde zu Stunde zunehme. (Beer.)

Sie sprechen davon, dass man angeborene oder sehr früh erworbene Pupillensperre nicht ordentlich operiren könne. Waren die Kranken noch jung, ihre Netzhaut noch empfindlich; so hielten sie nicht still. Waren sie älter und vernünftiger geworden; so vereitelte die durch Nichtgebrauch des Auges verursachte Abstumpfung der Netzhaut[a] den Erfolg für die Sehkraft. (Pieringer.)

[a] Amblyopie.

II) Als dann gegen die Mitte unseres Jahrhunderts die so segensreiche Betäubung mit Schwefeläther und mit Chloroform eingeführt worden,[1]) theilten sich die Augenärzte in drei Parteien mit ganz verschiedenen Grundsätzen.

1) Die eine verabscheute die Betäubung bei allen inneren Augenoperationen und auch bei der Mehrzahl der äusseren. Eine Star-Operation sei weder so langwierig, noch so schmerzhaft, um Betäubung zu erheischen; ja man könne dazu gar nicht narcotisiren: wenn der Leiter der Narcose die Fortsetzung entschieden verweigere, wäre das Auge, durch krampfhafte Zusammenziehung der Muskeln, ganz nach oben gerollt.

Nun dann ist es gerathen, einen andern Leiter der Narcose anzustellen. Zu den typischen Augenoperationen muss man, wenn überhaupt, sehr tief narcotisiren, — bis das Kneipen der Augapfelbindehaut aufgehört hat, irgend welche Reflexbewegung auszulösen; bis, zum Zeichen des tiefen Schlafes, die Pupille, wenn sie frei war von krankhaften Störungen und arzneilichen Einwirkungen, eine deut-

---

Merkwürdig ist, dass die schlafmachende Wirkung der M. bei den alten Griechen und Römern zwar allgemein, auch den Nichtärzten, bekannt und sogar sprüchwörtlich gewesen; dass aber die chirurgische Betäubung mittels dieser Pflanze ausser bei Dioscorides und Plinius nirgends wieder erwähnt wird. — Auch örtliche Betäubung war den Alten bekannt. (Dioscorid. m. m. V. 158 u. Plin. XXXVI, 7, 56.) — Im Mittelalter blieb Mandragora in Gebrauch (und Schierling), auch zur Einathmung vor der Operation. Die Anwendung geschah selten, wegen der Gefahren.

Ebenso vereinzelt blieb die Einathmung von Aether (Pearson, 1795; ferner Faraday) und von Lachgas (Davy, 1800) um die Wende unseres Jahrhunderts.

1) Aether 1846 von den Amerikanern Jackson und Morton, Chloroform 1847 von dem Schotten Simpson.

Vgl. noch Jüngken, Chloroform bei Augenoperat. 1850.

Jacobson, Mitth. aus der Königsberger Augenklinik.

Hirschberg, Anaesth. b. Augenop., 1884. Berl. klin. W

Baudry, de l'anesthésie en chirurg. ocul. 1885.

liche und erhebliche *Verengerung*[1]) zeigt: *dann* haben die krampfhaften Bewegungen der Halbbetäubung aufgehört; die Augenachsen sind, höchst bequem für die Operation, in nahezu parallelen Richtungen geradeaus gerichtet. Dass diese tiefe Betäubung bei Kindern nicht herbeizuführen oder gefährlich sei, kann ich nicht bestätigen.

Arlt[2]) und *Zehender* widerrathen die Narcose bei Star-Operation wegen des Erbrechens und der krampfhaften Muskelbewegungen. Ich muss *Jacobson's* Widerlegung dieser Gründe beipflichten: das Erwachen aus wirklich tiefer Betäubung erfolgt langsam und ruhig; das Erbrechen ist unangenehm, aber nicht gefährlich, wenn man mit einem Wattebausch einen sanften Druck auf den Augapfel ausübt oder einen vorläufigen Verband anlegt.

Ganz ohne Betäubung wurde der Star ausgezogen in *Oesterreich*, der Wiege der neueren Augenheilkunde; und *ziemlich ohne Chloroform*, soweit A. v. *Graefe's* unmittelbarer Einfluss reichte.

Waren nun durch das vollständige Vermeiden der Betäubung Nachtheile zu beobachten?

Allerdings! Unsinnige sind nicht blos in Irrenanstalten. Ich sah, wie einem der geschicktesten Star-Aerzte der Star-Schnitt völlig misslang, da das Bauernweib gegen den Eingriff ankämpfte, wie ein nicht redendes Wirbelthier. Vollends schien es mir völlig zeitwidrig, *sogar an Kindern* die Betäubung zu unterlassen. Der Eine versetzte einem Knaben, zur Iridectomie wegen Schichtstar, eine fürchterliche Ohrfeige; der zweite sandte schielende Kinder fort; der dritte bediente sich eines riesenstarken Gehilfen, welcher den Kopf der Kranken mit seinen Händen wie in einem Schraubstock hielt, auch bei der schmerzhaften Ausschälung des Augapfels.

Alles dies habe ich auf meinen Reisen mit eignen Augen gesehen.

2) *Die zweite Gruppe der Augenärzte operirte nur unter Betäubung.* Hierzu gehörten die Amerikaner und die Engländer. In London erschien (1877) die Betäubung fast als chirurgische Ergänzung der Habeascorpusakte; ich sah keine Star-Operation ohne Betäubung. Aether wird von Engländern und Amerikanern für sicherer gehalten, als Chloroform; gewiss ohne Grund. Aether[3]) ist für Augenoperationen weniger gut, da es Congestionen nach dem Kopf und Blutungen begünstigt.

In Deutschland hat *Jacobson* die *Ausführbarkeit*[4]) *der Betäubung bei den Augenoperationen* in der glänzendsten Weise dargethan, da er in 26 Jahren unter 10 000 Narcosen keinen unglücklichen[5]) Verlauf zu verzeichnen

---

1) *Plötzliche Erweiterung* der im Chloroformschlaf verengten Pupille bedeutet *Gefahr*; augenblicklich muss man die *künstliche* Athmung einleiten; hierdurch ist binnen einer Minute *meistens* die Gefahr beseitigt.

2) „Personen, welche vernünftigen Zureden vor und bei der Operation nicht zugänglich sind, werden das nach der Operation nothwendige Verhalten nicht inne halten.“ Dies wird widerlegt durch die Star-Operation unheilbarer *Geisteskranker* (in der Anstalt), bei denen ich mit oder ohne Zwang gute Heilungen erzielt habe.

3) Wenn man zu *brennen* hat, kann der Aetherdampf sich leicht entzünden!

4) Die *Nothwendigkeit* derselben ist von einigen seiner Schüler behauptet worden, aber mit Unrecht.

5) *König* erlebte bei 7000, *Nussbaum* bei 15 000 Chloroformbetäubungen kein Unglück. — *Baudry* hat 50 Todesfälle bei der *Narcose für Augenoperationen* gesammelt. Es ist *möglich*, dass *einzelne* Augenärzte nicht die nöthige Uebung und Erfahrung im Narcotisiren erworben hatten; es ist *wahrschein-*

hatte. Beseitigung des Schmerzes und Vermeiden der üblen Zufälle bei Operationen waren seine Ziele.

3) Die dritte Gruppe von Augenärzten verhielt sich auswählend gegenüber der Narcose. Zu diesen gehörte ich selber. Ich hatte begonnen, wie ich es bei meinem Lehrer A. v. Graefe gesehen: Kinder und Willenlose betäubt; Erwachsene zu den schmerzhaften Eingriffen, jedoch zum Star-Schnitt nur ausnahmsweise.

Nachdem ich 1877 in England die regelmässige Narcose bei Star-Operation beobachtet, habe ich den Versuch, ob dadurch bessere Erfolge zu erzielen sind, $1^1/_2$ Jahr lang fortgesetzt, bis ich mich überzeugte, dass dem nicht so ist.

Im besonderen Einzelfall kann die Betäubung Vortheile bieten; im ganzen aber wurden die Vortheile durch anderweitige Nachtheile wieder aufgehoben. (Zu den Chloroform-fürchtern gehöre ich nicht; ich habe einige Tausend Augenoperationen unter Chloroformbetäubung ausgeführt, — bisher ohne jeden Unglücksfall.)

Die lästigen Zufälle bei der Operation unter Narcose sind dreifacher Art: 1) Brechbewegungen, die allerdings nur selten auftreten, wenn man einerseits vorher die Nahrungsaufnahme genau geregelt hat.[1]) andrerseits chemisch reines Chloral-Chloroform[2]) anwendet. 2) Unterbrechung des künstlichen Schlafes, vor Beendigung der Operation, trotzdem man die letztere erst nach dem Eintritt tiefer Betäubung begonnen hatte. — Man muss bei 1 und 2 einen vorläufigen Verband anlegen und weiter betäuben. 3) Aufhören der Athmung. Hier muss man schleunigst das Auge durch Verband schützen und künstliche Athmung einleiten.

Diese Unfälle halten den bei Nichtbetäubten vorkommenden Störungen der Operation das Gleichgewicht, zumal die letzteren durch fortgesetzte Uebung und Erfahrung und grössere Kaltblütigkeit immer sicherer parirt werden können.

Der Hauptzweck der Augenoperation, Erhaltung und Wiederherstellung des Sehvermögens, ist bei vernünftigen Erwachsenen fast immer ohne Betäubung zu erzielen. Allerdings kann in dem entscheidenden Augenblick ein ganz unzweckmässiges Verhalten des Kranken gelegentlich den Erfolg der Operation vereiteln. Auf Worte, auch auf die stärksten Versicherungen des scheinbar gebildeten und muthigen Mannes[3]) soll man sich nie verlassen. Entscheidend ist für mich seit vielen Jahren allein der unmittelbare Versuch: Tags vor der Star-Operation wird der Lidsperrer eingelegt und damit die Drehung des Auges nach oben und nach unten eingeübt.[4]) Die grösste Mehrzahl der Erwachsenen bestehen die Probe. Aber der einzelne vollständig willenlose, geisteskranke oder auch scheinbar gesunde, der

---

lich, dass die tiefe Betäubung von 70 und 80 jährigen zur Star-Operation doch nicht ganz frei von Gefahren sein dürfte. Aber die Unglücksfälle bei Kindern sind zahlreicher, als die bei Greisen!

1) Morgens, drei Stunden vor der Operation, eine Tasse Kaffe oder Milch ohne Zubrod. Kinder sind ganz besonders vor Magenüberfüllung zu bewahren.

2) Auch Pictet's durch Gefrieren gereinigtes Chloroform habe ich verwendet: es wirkt wie das andere.

3) Es kommt viel darauf an, ob die Menschen gebildet oder ungebildet, aufgeregt oder träge sind. Aufgeregte Barbaren sind am schwersten zu handhaben.

4) Mit vollständig tauben Menschen oder mit solchen, deren Sprache man gar nicht versteht, ist vorher eine Zeichensprache einzuüben: z. B., klopft der Arzt auf die Stirn; so blickt der Kranke nach oben u. s. w.

gegen das Einlegen des Sperrers sich sträubt wie eine Wildkatze, muss zur Staroperation betäubt werden; ebenso ein Mensch mit sehr starkem Glotzauge, heftigem Lidkrampf und dergl. (Es waren etwa zwei vom Hundert.)

Die schönste Gesammtstatistik, die der Wundarzt bei Nichtbetäubung erhält,[1]) befriedigt den Einzelfall nicht, der hierbei gerade schlechter fährt. Darum soll man dem *absoluten Wunsch* des Kranken nach Betäubung sich nicht widersetzen, wenn man nicht Grund hat, besondere Gefahren von derselben zu befürchten.

III. Nunmehr komme ich zu dem dritten und letzten Zeitabschnitt, dem der *örtlichen Betäubung* durch Einträuflung einer zweiprozentigen Lösung von salzsaurem Cocaïn. Das Mittel, das uns Dr. *Koller* aus Wien im Sept. 1884 gelehrt, hat bei der praktischen Anwendung allen vernünftigen Erwartungen entsprochen und die geringe Zahl der zur Altersstar-Ausziehung nothwendigen Narcosen noch erheblich weiter eingeschränkt. *Die Einträuflung von Cocaïn gehört zu den grössten Errungenschaften der neueren Augenheilkunde.*

Ich selber habe bei tausendfacher Anwendung immer nur Vortheil, niemals aber Nachtheil davon beobachtet. Zur Verwendung gelangt für jeden Operationsfall ein neues, geschlossenes Fläschchen einer zweiprozentigen Lösung des salzsauren Cocaïn, das durch strömenden Wasserdampf keimfrei gemacht ist.

Mittels eines keimfreien Tropfgläschens wird vor der Operation drei Mal, immer nach ein bis zwei Minuten, reichlich über die Hornhaut und in den Bindehautsack geträufelt. Der Kranke hält zwischen den Einträuflungen die Lider geschlossen, um Vertrocknung der Hornhautoberfläche zu vermeiden. Die Unempfindlichkeit der Horn- und Bindehaut ist eine vollständige, für die kurze Dauer der Augenoperation. Wird der Star-Schnitt ohne Iris-Ausschneidung vollendet, so fühlen die Kranken überhaupt nichts von der Operation, jedenfalls keinen Schmerz. Wird ein Stückchen der Regenbogenhaut mit ausgeschnitten, so hat der Kranke in diesem Augenblick einen unbedeutenden Schmerz. Alle Hornhaut-Operationen sind unter Cocaïn ganz schmerzlos; die Pupillenbildung weniger empfindlich. Aber diejenige, welche zur Druckherabsetzung verrichtet wird, erheischt bei heftiger Entzündung des Auges und starker Schwellung der gerötheten Augapfelbindehaut doch in der Regel das Chloroform.

Denn die Drucksteigerung ist gross, und auf die *entzündete Bindehaut wirkt Cocaïn nur wenig.*

Darum bleibt auch beim Ausbrennen des Hornhautabscesses unter Cocaïn das Fassen der Bindehaut denn doch schmerzhaft, während das Brennen der Hornhaut schmerzfrei ist. Bei der Schieloperation wird durch Cocaïn der Schmerz verringert, aber nicht völlig beseitigt. Das Gleiche gilt von der Ausschälung des Augapfels, wo man zwei Gramm der Lösung unter die Augapfelbindehaut nach den vier verschiedenen Richtungen hin einspritzt. Doch ist hierbei die Narcose oft vorzuziehen und meist unbedenklich.

Bei Kindern soll man immer narcotisiren, wenn nicht ein besonderer Hinderungsgrund vorliegt.[2]) Regelrechte Operation ist die Hauptsache. Angeborene

1) *Hasket Derby* hatte bei 100 Star-Ausziehungen mit Aether neun Verluste, bei 100 ohne Aether einen. Doch ist diese Zahlenreihe viel zu klein.

2) Allerdings habe ich bei artigen Kindern, von 5—6 Jahren, deren Vertrauen ich durch Freundlichkeit und Chokolade gewonnen, zufallsfrei die Kapselspaltung verrichtet; aber Pupillenbildung und Linsenausziehung soll man bei Kindern ohne Betäubung nicht ausführen.

5*

oder früh erworbene Pupillensperre erheischt frühzeitige Wiederherstellung, sonst verfällt das Auge durch Nichtgebrauch in unheilbare Sehschwäche.

C. Das Eigenartige der Augenoperationen.

Augenoperationen können heutzutage nicht mehr, sowie früher, mit einem geheimnissvollen Schleier umhüllt werden. Erlernen kann sie Jeder. Der Künstler wird geboren. Die Regeln sollen vereinfacht und auch einfach dargestellt werden. Nicht mehr handelt es sich um Kunststückchen, sondern um Kunstübungen. Misstrauisch sei man gegen solche Operationen, welche von ihrem Erfinder sofort als Sondergebiet der ausnahmsweise begabten Wundärzte gekennzeichnet werden.

Allerdings, mit zwei linken Händen kann man die zarten Eingriffe, welche hier in Betracht kommen, nicht ausführen. Im Gegentheil, die eine linke Hand, die wir von Natur oder Gewöhnung besitzen, muss sorgsam geübt werden. Dies ist uralte Weisheit.[1])

Besonders bei der „subtilen“[2]) Star-Operation sollte nach der Meinung der alten Griechen das rechte Auge nur mit der linken Hand, das linke mit der rechten operirt werden.[3]) Aber sie waren gescheut genug, wenigstens zuzulassen, dass auch das rechte Auge mittelst der rechten Hand operirt werde.[4]) Dieselbe Regel, den Star-Schnitt am rechten Auge mit der linken Hand zu verrichten, gaben die Klassiker unseres Jahrhunderts, namentlich aus der Wiener Schule;[5]) aber

---

1) Schon Hippocrates verlangte, dass der Chirurg beide Hände einübe. *κατ᾽ ἰητρεῖον*, (Littré's Ausg., III, S. 288): *τὰ ἔργα πάντα ἀσκέειν ἑκατέρῃ δρῶντα, Καὶ ἀμφοτέρῃσιν ἅμα (ὅμοιαι γάρ εἰσιν ἀμφότεραι), στοχαζόμενον ἀγαθῶς, καλῶς, ταχέως, ἀπόνως, εὐρύθμως, εὐπόρως.* — Cels. d. med. VII. praef. Esse autem debet Chirurgus . . . non minus sinistra quam dextra promptus. — Also ist es nicht erst Heister gewesen, der dem Wundarzt Ambidextrie zu Pflicht gemacht.

2) Cels. VII, 7, 13. Sed ubi (suffusio) vetustior facta est, manûs curationem desiderat: quae inter subtilissimas haberi potest.

3) Cels. VII, 7. 14. Curari vero sinister oculus dextrâ manu, dexter sinistrâ debet. Paull. Aeg. (nach Galen; Ausg. v. Briau, S. 134): *ἐπὶ δὲ τοῦ δεξιοῦ τῇ εὐωνύμῳ.* Der Arzt sass vor dem Kranken und stach die Star-Nadel von der Schläfenseite her in die Lederhaut des Auges ein.

4) Galen, Band XVIIIb, S. 716: *τῇ δεξιᾷ τὸν δεξιὸν ὀφθαλμὸν παρακεντεῖν.* Cels. VII, 7. 4. — In unserem Jahrhundert hat Malgaigne verlangt, dass der Wundarzt den Star des rechten Auges, hinter dem Kranken stehend, mit der rechten operiren soll. Für Lidoperationen war ihm C. Graefe schon zuvorgekommen. (Die aegypt. Augenblennorrhöe, Berlin 1823, S. 129.)

5) Beer, Augenkr. II, 350. „Das rechte Auge muss immer mit der linken, so wie das linke mit der rechten Hand operirt werden; wer sich nicht gleiche Kunstfertigkeit beider Hände aneignen kann, bleibt ewig nur Stümper.“

Arlt, Kr. d. A., 1853, 1, S. 306.

die Weiseren[1]) unter ihnen haben zugelassen, dass diejenigen Aerzte — und es sind die meisten, — welche das Messer nur mit der rechten Hand sicher zu führen vermögen, zu diesem Behuf für die Operation des rechten Auges hinter den Kopf des Kranken treten.

In der That, der Kranke hat keinen Vortheil davon, dass der Star-Schnitt an seinem rechten Auge von der linken Hand des Arztes ausgeführt werde; die Zeit ist vorüber, wo man aus Gefallsucht oder falscher Ueberlegung technische Schwierigkeiten schuf.[2])

Immerhin bleibt es nach meiner Ueberzeugung eine nützliche Uebung für den angehenden Arzt, die natürliche und anerzogene Ungeschicktheit der linken Hand zu überwinden, so dass sie, wenn auch nicht das Star-Messer, so doch wenigstens ein zartes Zänglein oder Scheerchen kunstgerecht zu führen lerne.

Ausserdem ist es unerlässlich, die hauptsächlichen Augenoperationen, namentlich Star-Schnitt und Pupillenbildung, am lebenden Thierauge einzuüben und wieder zu üben: sonst wird man erst auf Kosten seiner Mitmenschen operiren lernen. An herausgeschnittenen Schweinsaugen, die in Masken befestigt werden, kann man höchstens das Gröbere sich aneignen, die Haltung der Instrumente und die Reihenfolge der einzelnen Akte: die Häute des Schweinsauges sind zu dick, der Augapfel schlaff und abgestorben; eine leichte Hand wird man durch solche Versuche nicht bekommen.

Weit besser sind die Augenoperationen am lebenden, aber betäubten Kaninchen.[3]) Ueber diese habe ich eine mehr als zwanzigjährige Erfahrung[4]) und rathe sie jedem auf's dringendste an, der Augenoperationen an Menschen zu verrichten beabsichtigt. Der angehende Arzt vergesse nicht, für die Kaninchen besondere Werkzeuge zu halten! Die weissen Kaninchen sind die besten; auch sollen sie nicht zu klein sein. Unter einer grossen Glasglocke wird das Thier mit Hilfe eines (aufgehängten oder hineingelegten) grossen, in Schwefeläther getränkten Schwammes vollkommen betäubt, und dann der Augapfel durch Hebeldruck, etwa mittels einer Pincette, nach vorn luxirt, so dass man Star-Schnitt oder Pupillenbildung auf das bequemste ausführen kann.

Das Auge ist lebendig und normal gespannt; es blutet bei Gefässverletzung. Der Anfänger kann alle Fehler, die er macht, genau beobachten und — durch Uebung vermeiden.

---

1) Arlt, Operationslehre, Graefe-Saemisch, III, S. 267. (1874).
2) A. v. Graefe, Arch. f. O. XII, 1, 157; 1866.
3) Schon von Ammon empfohlen.
4) Deutsche Zeitschr. f. pr. Med. 1877, Nr. 27 bis 31.

Das *zurückkehrende* Licht bildet einen abgestumpften *Kegel* von genau derselben Grösse; aber die Helligkeit der zurückkehrenden Strahlung ist geringer, als die der einfallenden, — oder, um eine grobe. jedoch anschauliche Vereinfachung zu gebrauchen: die Lichtstrahlen in dem zurückkehrenden Bündel sind lockerer, — weniger dicht gedrängt.

Ist in dem *kegelförmigen Raum* der zurückkehrenden Strahlen irgend ein *undurchsichtiger* Körper vorhanden, dessen Querschnitt an Ort und Stelle den des Strahlen-Bündels im Auge erreicht oder überschreitet; so kann überhaupt kein Licht zum Augengrunde gelangen und folglich auch keines zurückkehren. Die Pupille bleibt dann glanzlos trotz passender Beleuchtung. Allenfalls kann man das von der *Oberfläche* des undurchsichtigen Schirmes zurückgeworfene Licht wahrnehmen, z. B. einen graulichen Schimmer, wenn die Krystall-Linse des untersuchten Auges vollständig getrübt ist. *Erweiterung der Pupille* des Kranken erweitert den Querschnitt des zurückkehrenden Strahlen-Bündels. In manchen Fällen wird nach Erweiterung der Pupille wieder ein Randgürtel der letzteren leuchtend, während vorher bei enger Pupille ein Glanz derselben nicht wahrzunehmen war. Man begreift also leicht, wie wichtig es ist, *nicht gleich mit vollem Dampf* zu arbeiten, d. h. nicht von vornherein möglichst starkes Licht in die Pupille zu werfen. Im Gegentheil, sehr gewöhnlich wird man bei *begrenzten* Trübungen mit Vortheil den licht-schwachen, ebenen Spiegel anwenden, statt des licht-starken Hohl-Spiegels; oder, wer nur den letzteren zu seiner Verfügung hat und nichts Rechtes wahrnehmen konnte, wird zu seiner Ueberraschung sofort besser sehen, wenn er die *Beleuchtungs-Flamme abschwächt* oder weiter abrückt. Begreiflicherweise kann unter Umständen eine *künstliche Erweiterung*[1]) der Pupille nothwendig scheinen, um

---

Die *Vergrösserung der Pupille* des untersuchten Auges durch die Licht-Brechung an der eignen Hornhaut des Auges ist *sehr gering*, da die Pupille von der Hornhaut nur um ein Kleines (3,5 Mm.) absteht und die entsprechende Brennweite der Hornhaut (30,8 Mm.) weit grösser ist, als jener Abstand.

1) Ist die künstliche *Pupillen-Erweiterung* nothwendig zum Augenspiegeln, so wünscht man, dass sie *rasch wieder vorübergehe*. Von Vortheil ist zu diesem Behufe eine *ganz dünne Atropin-Lösung*: Atropini sulf. 0,02; Aq. dest. r. c. 1000, d. h. 1 : 5000. Man bereitet eine solche Lösung, indem man in einen Theelöffel voll (sterilisirten) Wassers 2 Tropfen der *gewöhnlichen* ½procentigen Atropin-Lösung (0,05 : 10,0) einträufelt. Bei weitem am *besten* ist: Homatropin. hydrobrom. 0,03: Aqu. dest. r. c. 3,0. [Vgl. über die *diagnostische Pupillen*-Erweiterung Th. I, S. 39.] — In zweifelhaften Fällen träufle man *nach* der Untersuchung *sofort* wieder *Eserin* ein.

eine genaue Diagnose zu stellen. Es ist aber rathsam, sowie man einigermaassen geübt ist, davon nur einen sparsamen Gebrauch zu machen. Die vollkommenere Kunst-Uebung hat uns für die übergrosse Mehrzahl der Untersuchungen dieses meist lästige (und in sehr seltnen Fällen sogar gefährliche) Mittel vermeiden gelehrt.

Mitunter bleibt auch die ganz erweiterte Pupille vollkommen glanzlos. So zum Beispiel, wenn, wie erwähnt, die Krystall-Linse vollständig getrübt und dabei dunkelbraun,[a] oder wenn der Glaskörper in grosser Ausdehnung mit Blut erfüllt ist. In letzterem Fall erkennt man mitunter bei seitlicher Beleuchtung das rothe Blut hinter der durchsichtigen Krystall-Linse.

a) Cataracta nigra

In denjenigen Fällen, in welchen der Querschnitt des undurchsichtigen, schattenden Körpers kleiner ist, als in gleicher Tiefe der des Lichtstrahlen-Kegels, erscheint auf dem rothen Felde der erleuchteten Pupille eine dunkle Stelle von der dem Bilde jenes Körpers entsprechenden Grösse und Gestalt.

Aber auch in solchen Fällen, wo bei grade-aus gerichteter Seh-Achse des beobachteten Auges der rothe Glanz seiner Pupille nicht von dunklen Stellen unterbrochen scheint, muss man die Untersuchung noch weiter fortsetzen und bei gehobenem Oberlid des untersuchten Auges nachforschen, ob seitlich gelegene oder bewegliche Trübungen zu entdecken sind.

Ist in der Krystall-Linse die ihrem Umfang benachbarte Partie von Trübung-Streifen durchsetzt, befindet sich ein Blasenwurm, ein Fremdkörper am Boden des Glaskörpers; so kann man nur bei seitlichen Blick-Richtungen des Untersuchten die Art der Erkrankung erkennen.

Beweglich ist eine Trübung, welche ihre Bewegung noch fortsetzt und durch das roth erleuchtete Pupillen-Feld herabgleitet, wenn das untersuchte Auge nach Ausführung seiner Drehungen bereits wieder in die Ursprungs-Lage mit grade-aus gerichteter Blick-Linie zurückgekehrt ist und ruhig verbleibt.

Eine einfache Vorstellung von einer solchen Bewegung können wir gewinnen, wenn wir einen Kübel voll Wasser, in dem einige Holzscheite schwimmen, hin- und herschwenken und dann plötzlich festhalten; die Bewegung des Wassers und die leichter sichtbare der Holzscheite wird noch für einige Zeit fortdauern.

Bewegliche Trübungen können nur in den flüssigen oder verflüssigten Theilen der Augen-Mittel vorkommen, also in der Vorder-

Auch der angehende Arzt, welcher noch nicht viel mit Augenoperationen zu thun hat, wird durch regelrechten Verband in geeigneten Fällen seinen Kranken erheblichen Nutzen leisten können.

Ausser dem Schlussverband giebt es noch einen Schutzverband. Ist ein Auge von ansteckendem Eiterfluss der Bindehaut[a] heimgesucht; so schützen wir das zweite durch einen Verband, der undurchdringlich ist für Flüssigkeiten. Die Augenhöhlengrube wird flach mit keimfreier Verbandwatte ausgepolstert, hierüber kommt ein Blättchen von gereinigtem Stanniol oder Gummistoff, darüber ein passend geschnittenes Leinwandstückchen, dessen Rand mit Collodium befestigt wird: schliesslich wird Collodium schichtweise auf die Aussenfläche der Leinwand und einen 5—10 Mm. breiten Streifen der benachbarten Gesichtshaut aufgetragen.

a) Augentripper, Blennorrhoea.

Noch besser ist es, aus einer muschelförmigen Glimmerschutzbrille die eine Glimmerplatte nebst Fassung zu nehmen und gegen ein gefenstertes Stück Heftpflaster zu kleben und mit dem letzteren, unter Zuhilfenahme von Collodium, die Augengegend zu bedecken. Der Kranke sieht genug, um sich zu führen; der Arzt, um beruhigt zu sein. Allerdings beschlägt die Glimmerplatte mit Feuchtigkeit, doch hat dies seine natürliche Grenze.

Das Anlegen und die tägliche Erneuerung des Schutzverbandes muss mit der nöthigen Vorsicht geübt werden, dass jede Berührung des gesunden Auges mit dem Eiter des kranken ausgeschlossen werde.

Bei vernünftigen Erwachsenen hat mir der Schutzverband stets seinen Zweck erfüllt. Schwieriger ist die Aufgabe bei unruhigen, sich sträubenden Kindern. Vollends bei Säuglingen, bei denen ich meist auf den Schutzverband verzichte, einmal weil der Eiterfluss des Neugeborenen durch unsere Behandlung sicher beherrscht wird, weit sicherer, als der Augentripper der Erwachsenen; sodann weil bei den ganz kleinen Kindern der Schutzverband doch nicht fest sitzt. Am meisten empfiehlt sich noch, bei diesen ein wenig Verbandwatte auf das Auge zu legen und darüber ein passendes Stück gutklebenden Heftpflasters mit kurzen Einschnitten an den vier Ecken.

Dritter Abschnitt.

Die Untersuchung der Augenkranken.

A. Vorbemerkungen.

Wer Krankheiten heilen will, muss sie erkennen.

Die Diagnose einer Augenkrankheit ist erst dann vollständig, wenn einerseits die Abweichung des Sehorgans von der Regel, andererseits der Zustand des Organismus festgestellt ist. Den letzteren muss man kennen, sogar wenn das Augenleiden ein selbständiges ist; noch mehr, wenn es von der Beschaffenheit anderer Organe oder des ganzen Körpers abhängt.

Das Auge ist das Werkzeug des Gesichtsinnes. Mittelst desselben erkennen wir die Gestalt, Farbe, Grösse, Entfernung, Lage und Bewegung der äusseren Körper, sei es dass sie Licht ausstrahlen oder durchlassen oder zurückwerfen. Der Augapfel ist paarig, rechts wie links, symmetrisch von der Mittelebene des Körpers in der knöchernen Augenhöhle belegen; und besteht aus zwei Hauptheilen, dem lichtsammelnden (Hornhaut, Crystalllinse, Glaskörper) und dem lichtempfindlichen (Netzhaut). Eine feste Hülle (Horn- und Lederhaut) umgiebt den kugeligen Augapfel. Vier grade und zwei schiefe Muskeln bewegen ihn, so dass jeder Zeit der Mittelpunkt der Netzhaut (die Grube[a]) dem zu fixirenden Lichtpunkt entgegengedreht werden kann. Zwei Lider, ein oberes und ein unteres, an der Innenfläche mit Schleimhaut bekleidet, beschützen ihn. Zum Sehen genügt schlimmsten Falls auch ein Augapfel.

a) fovea.

Die Augenkrankheiten beruhen auf Entzündung und Entartung der Theile, auf Neubildung, auf Einwanderung pflanzlicher wie thierischer Gäste sowie auf gestörter Leistung[1]) des Sehwerkzeuges.

1) Auch diese Störung ist immer von stofflichen Veränderungen gewisser Theile des Sehwerkzeuges abhängig, aber von so feinen, dass wir oft ausser Stande sind, sie genauer zu beschreiben.

Die wesentliche Leistung des Auges ist das Sehen. Deshalb beginnen wir mit einer Betrachtung der Sehstörungen und der Mittel, sie zu erkennen, d. h. mit einer Umgrenzung unseres Erkenntnissvermögens.

B. Ueber Sehen und Sehstörung.

Wenn wir einen lichtaussendenden Gegenstand deutlich sehen, so wird durch den lichtsammelnden Theil unseres Auges (das Doppelobjectiv aus Hornhaut und Crystalllinse) ein umgekehrtes, verkleinertes, der Gestalt und Farbe nach ähnliches Bild dieses Gegenstandes auf der lichtempfindlichen Netzhaut entworfen, die dadurch entstehende Reizung durch die Sehnervenfasern fortgeleitet und dem Gehirn, dem Ort der Lichtwahrnehmung, übermittelt.

Nachdem wir die Bedingungen des naturgemässen Sehens kennen gelernt, verstehen wir auch sofort die Ursachen der Sehstörung.

Es giebt und kann überhaupt nur vier Arten der Sehstörung geben:

I. Dioptrische Sehstörung.

Das Netzhautbild kommt entweder gar nicht, oder doch nur mangelhaft zu Stande, weil die lichtbrechenden Theile des Auges verändert sind: sei es, dass die regelmässige Krümmung ihrer Begrenzungsflächen, sei es, dass ihre Lage zu einander oder zu dem lichtauffangenden Schirm geändert ist, sei es, dass ihre Durchsichtigkeit gelitten hat.

a) Cataracta. Ein einfaches Beispiel dieser Art ist der graue Star[a] d. h. Trübung der durchsichtigen Crystall-Linse.

Die ausgeprägten Fälle erkennt der Arzt sofort beim blossen Anblick: die Pupille des kranken Auges hat nicht, wie die des gesunden, ein schwarzes, sondern ein grauweisses Aussehen.

Bei den zarteren Formen genügt ein Blick mit dem Augenspiegel in die (nöthigenfalls erweiterte) Pupille des Kranken, um die Ursache des Leidens festzustellen. Mit Entzücken berichtet der erste Arzt, welcher über den Augenspiegel des Physiologen Helmholtz geschrieben (Rüte, 1852), wie ungemein leicht er damit den Beginn der Star-Trübung erkenne und das dioptrische Leiden von einem nervösen zu unterscheiden vermöge.

Die dioptrische Sehstörung zeigt verschiedene Gruppen und Grade. Entweder werden die Umrisse der Gegenstände undeutlich, sei es der

fernen oder der allzunahen oder aller; dies geschieht bei Krümmungs- und Lageänderungen der lichtbrechenden Flächen: oder die Gegenstände werden, durch Trübung, verschleiert und schliesslich ganz unerkennbar.

Da aber die stärksten Trübungen des Auges, z. B. vollständige Verdunkelung der Crystalllinse, nicht so ganz und gar undurchsichtig sind, wie etwa eine Metallscheibe; sondern durchscheinend, ungefähr wie eine Hornplatte: so bleibt, wenn die Netzhaut gesund ist, immer noch Lichtwahrnehmung, d. h. Unterscheidung von hell und dunkel, dabei erhalten.

II. Retinale Sehstörung.

Die Netzhaut ist unempfindlich geworden gegen den Lichtreiz. Dies ist der Fall, wenn an der Stelle des Augengrundes, wo das Bildchen des lichtaussendenden Gegenstands entworfen wird, Stäbchen und Zapfen oder überhaupt gesundes Netzhautgewebe nicht vorhanden ist.

Auch diese, die retinale Sehstörung, vermag man unmittelbar, durch die mit dem Augenspiegel nachweisbare Veränderung der Netzhaut, zu erkennen. In der grossen Mehrzahl aller Fälle ist das sehr gut möglich; aber doch nicht immer, wenigstens nicht gleich im Beginn der Sehstörung. Es giebt Vorgänge, welche umschriebene Veränderungen in der Stäbchenschicht setzen und eine entsprechende Verdunklung im Gesichtsfeld des befallenen Auges hervorrufen, ohne dass mit dem Spiegel gleich von vorn herein Veränderungen des Augengrundes nachzuweisen sind: erst nach Wochen (oder Monaten) wird die verborgene Netzhautkrankheit[1]) deutlich durch umschriebene Veränderungen des Pigmentepithels, welche ja der Sehstörung nicht genau zu entsprechen brauchen, da wir nicht mit dem Pigmentepithel sehen, sondern mit den Stäbchen und Zapfen.

Auch die retinale Sehstörung hat verschiedene Gruppen und Grade. Die Stelle der Netzhaut kann zeitweise oder dauernd gestört sein. Sie kann in der Mitte sitzen und dann das scharfe Sehen, z. B. das Lesen, aufheben; oder mehr seitlich, wo sie weniger stört. Sie kann klein oder gross sein, vereinzelt oder mehrfach. Es kann z. B. durch Blutung oder Ablösung ein grosser Theil der Netzhaut auf einmal leistungsunfähig werden. Durch völlige Verstopfung der Schlagader[2]) kann gelegentlich mit einem Schlage, binnen wenigen Minuten,

---

1) Chorïoretinitis latens.

2) Arteria centralis retinae. Es ist eine End-Arterie. Nur durch Haargefässe (Capillaren) besteht eine Verbindung mit dem Aderhaut-Kreislauf.

und für immer, die ganze Sehkraft des Auges, sogar jede Spur des Lichtscheins, vernichtet werden.

III. Nervöse Sehstörung.

Die Sehnervenfaserleitung — von der Netzhaut einerseits bis zu den Endorganen der Gesichtsempfindung im Gehirn andrerseits — ist unterbrochen.

Das einfachste Beispiel wird durch den Thierversuch geliefert, indem wir zwischen Augapfel und Gehirn den Sehnerven durchschneiden. War die Durchtrennung eine vollständige, so ist dauernde und unheilbare Erblindung des betroffenen Auges die Folge. Denn der Sehnerv ist gewissermaassen ein hervorgestülpter Theil des Gehirns, dessen Leitungsfasern, wenn sie einmal durchtrennt waren, niemals sich wiederherstellen: ganz anders wie bei einem oberflächlichen[a] Empfindungsnerven, welcher nach der Durchtrennung vom centralen Ende her wieder auswächst.[1]

a) peripherischen

Beim Menschen wird gelegentlich durch Unglücksfall eine solche Durchtrennung des Sehnerven bewirkt. Hat dieselbe weit[2]) vom Augapfel entfernt stattgefunden, (z. B. durch Knochenbruch in der Gegend des Sehnervencanals, wenn einem gesunden Mann das Rad eines Wagens über den Kopf geht,) so ist das befallene Auge blind und bleibt blind. Aber der Sehnerveneintritt erscheint im Augenspiegelbilde zunächst völlig unverändert und bleibt so für einige Zeit; erst nach sechs bis acht Wochen tritt Abblassung des Sehnerven, Schwund der Nervenfasern,[b] deutlich zu Tage. War die Durchtrennung des Sehnerven näher zum Augapfel erfolgt, z. B. in der Mitte der Orbita,[3]) durch einen Rapierstoss; so ist die Erblindung des Auges, genau wie im ersten Fall, von vornherein vor-

b) Atrophia nervi optici.

---

1) Dieses Wiederverwachsen macht sich uns in höchst unliebsamer Weise bemerkbar, wenn wir, zur Beseitigung des Gesichtsschmerzes, einen empfindlichen Ast des fünften Hirnnerven kunstgerecht durchtrennt hatten; oder bei der chirurgischen Durchschneidung der Ciliarnerven[c] hinter dem Augapfel, da der letztere danach auf die Dauer niemals unempfindlich bleibt. — Vor einigen Jahren (1885, Revue générale d'Opht.) wurde empfohlen, einen völlig zerstörten Augapfel des Menschen zu entfernen und danach ein Kaninchenauge einzupflanzen, mit dem Zusatz: la question de la restitution de la vue pourra se poser. Der Vorschlag erinnert an die reizendsten Märchen vom altaegyptischen Heilgott Imhotep und vom altgriechischen Asklepios, sowie an ein Scherzwort A. v. Graefe's. (C. Bl. f. A. 1885. S. 22.)

c) Neurotomia opticociliaris

2) Ueber 25 Millimeter. Der gekrümmte Orbitaltheil des Sehnerven misst 24—28 Millimeter.

3) Ueber 15 Millimeter hinter dem Augapfel.

handen; aber die Verfärbung des Sehnerveneintritts wird früher deutlich, schon nach Ablauf einer Woche.

In beiden Fällen ist die vollständige Trennung des Sehnerven schon von vornherein, ehe der Augenspiegel ein bestimmtes Ergebniss liefert, thatsächlich zu erkennen, und zwar durch die Erscheinungen der Pupillenbewegung. Die Pupille der verletzten Seite ist von mittlerer Ausdehnung; sie erweitert sich stark bei Verschluss des gesunden Auges, sie verengt sich gar nicht bei Lichteinfall in das kranke, aber sehr lebhaft bei Bestrahlung des gesunden Auges.[1])

Ist die Trennung des Sehnerven dicht hinter dem Augapfel erfolgt, ohne dass der letztere dabei seine Durchsichtigkeit eingebüsst hat, was nur recht selten vorkommt; so beobachtet man sofort nach der Verletzung, neben der Erblindung des Auges und dem Fehlen der direkten Pupillenzusammenziehung, noch die Störung des Blutkreislaufes in der Netzhaut,[2]) da die sogenannten Centralgefässe der letzteren, welche etwa 12 Mm. hinter dem Augapfel in den Sehnerven eintreten, hierbei ja mit durchschnitten werden.

War die Durchtrennung des Sehnerven, gleichgiltig an welcher Stelle, unvollständig, z. B. nur in der unteren Hälfte; so ist auch die Erblindung unvollständig: es fehlt dem Auge die obere Hälfte des Gesichtsfeldes; nur die untere Hälfte des Sehnerveneintritts wird blasser.

In Uebereinstimmung mit den geschilderten Verletzungen gelten über die von selbst[a]) erfolgenden Leitungsunterbrechungen des Sehnerven die folgenden Gesetze: [a]) spontan.

1) Es kann neuroptische[3]) oder eigentlich nervöse[4]) Sehstörung im höchsten Grade bestehen, bis zur Aufhebung jedes Lichtscheins, ohne dass von vornherein eine mit dem Augenspiegel sichtbare Veränderung vorhanden zu sein braucht. 2) Andererseits

---

1) Diese „indirecte Pupillencontraction" ist ein schier unfehlbares Verfahren, um vollständige Erblindung des einen Auges thatsächlich nachzuweisen. Beim Menschen besteht eben eine Querverbindung zwischen dem rechts- und dem linksseitigen Reflexcentrum (vom Seh- auf den Augenbewegungs-Nerven) in der Vierhügelgegend. (Ganglion habenulae.)

2) Die Schlagäderchen werden unsichtbar, in den Blutäderchen zerfällt die Blutsäule zu kurzen Cylindern, die des sauerstoffhaltigen Blutes beraubte Netzhaut erleidet eine milchige Trübung. Dasselbe Bild beobachtet man bei embolischer Verstopfung der Centralschlagader der Netzhaut, sowie unmittelbar nach dem Tode.

3) Von νεῦρον, Nerv; ὀπτικός das Sehen betreffend.

4) Nervös ist hier nicht in dem Sinne des Volkes gebraucht.

kann vollständige Erblindung eines Auges, mit Aufhebung jedes Lichtscheins,[a] niemals längere Zeit, sicher nicht viele Monate hindurch, bestehen, ohne dass man am Sehnerveneintritt[1]) den Schwund der Nervenfasern deutlich zu erkennen vermag.

a) Amaurosis absoluta.

Behauptet ein Mensch auf einem Auge (oder gar auf beiden!) seit Monaten oder Jahren keinen Lichtschein mehr wahrzunehmen, während der Sehnerveneintritt gesund aussieht, und die Pupille auf direkten Lichteinfall sich zusammenzieht; so handelt es sich allemal um erheuchelte Blindheit.[b]

b) Amaurosis simulata.

Diese kann vor der wissenschaftlichen Prüfung heutzutage nicht bestehen. Um den Heuchler zu überführen, muss nur der Arzt klüger sein, als jener.

Schwieriger ist es, die theilweise Lähmung, bezw. den beginnenden Schwund des Sehnerven zu beurtheilen. Im Allgemeinen ist die Abblassung des Sehnerveneintritts schon zu erkennen vor dem Beginn der ernsteren Sehstörung. Aber diese Abblassung bedeutet noch nicht Erblindung des Auges, weder für den Augenblick noch für die Zukunft. Es giebt blasse Sehnerven bei guter Sehkraft. Zunächst ist die gelbröthliche Abblassung auszuscheiden, welche in Folge allgemeiner Blutleere[c] auftritt und überhaupt keine Sehstörung nach sich zieht. Sodann kann ein Sehnerv ganz blass bleiben nach vollständig abgelaufener Entzündung, während die Sehkraft entweder dauernd gut bleibt oder doch wenigstens nicht weiter abnimmt, so dass jede Erblindungsgefahr ausgeschlossen ist. Immer ist zur Beurtheilung eines solchen Falles die Entwicklungsgeschichte der Sehstörung und die Prüfung der Sehkraft mit zu Hilfe zu nehmen.

c) Anaemie.

IV. Cerebrale Sehstörung.

Die Endorgane des Sehens, im Gehirn, sind nicht mehr fähig, durch Reizung des Sehnerven angesprochen zu werden.

Dies ist der Fall der Gehirnblindheit, — bezw. der centralen Erblindung, wenn die wirklichen Centren der Lichtwahrnehmung befallen sind.

Das berühmteste Beispiel von Hirnblindheit ist die uraemische, d. h. die im Gefolge eines wirklichen Anfalls (oder auch unter leichteren

1) Vorausgesetzt, dass derselbe sichtbar geblieben. — Sehr merkwürdig ist der Fall des von H. Munk, durch Fortnahme beider Gehirncentren des Sehens, seit einem Jahr vollständig geblendeten Hundes: derselbe hat beiderseits keinen Lichtschein, aber die Pupille verengt sich auf Lichteinfall, der Sehnerv sieht noch roth aus.

uraemischen Erscheinungen) auftretende, doppelseitige Erblindung ohne Augenspiegelbefund, welche binnen drei bis vier Tagen (mitunter schon früher) vollkommen wieder verschwindet.[1])

Wenn beide Sehcentren im Gehirn gelähmt sind, so besteht vollständige Erblindung des Menschen. Ist nur eines der beiden Sehcentren gelähmt, so besteht Halbblindheit, d. h. Nichtsehen der dem ausgeschalteten Sehcentrum entgegengesetzten Hälfte des Raumes.

Das Sehwerkzeug des Menschen ist doppelseitig-symmetrisch. In jeder Hälfte des menschlichen Körpers, der rechten wie der linken, besteht ein aus Ganglienzellen zusammengesetzter Kern (Centralorgan) des Sehens in der grauen Rinde des Hinterhauptlappens vom Grosshirn.[2])

Von diesem Kern gehen Leitungsfasern zu dem optischen Vorbau (Endorgan, Auge) und zwar bis in die Netzhaut. Aber jeder der beiden Kerne sendet Nervenfasern zur Netzhaut jedes der beiden Augen. Nämlich die beiden Sehstränge,[a)] der rechte von dem rechten Kern, der linke von dem linken herkommend, treten, nachdem sie am Boden des Mittelhirns aus der Gehirnmasse freigeworden, in der Kreuzung[b)] aneinander. Jeder Sehstrang sendet von hier ab ein ungekreuztes (äusseres) Bündel[c)] zum Auge derselben Seite und zwar zur Schläfenhälfte der Netzhaut; und ein gekreuztes[d)] (inneres) Bündel zum Auge der entgegengesetzten Seite und zwar zur Nasenhälfte der Netzhaut. Die Fasermasse von der Kreuzung bis zum Augapfel wird Sehnerv[e)] genannt.

a) Tractus optici.

b) Chiasma.

c) Fasciculus lateralis.

d) Fasciculus cruciatus.

e) Nervus opticus.

Mit der rechten Hirnhälfte (bezw. mit dem rechten Centralorgan, welches die rechte Hälfte jeder der beiden Netzhäute versorgt,) sehen wir,[3]) wegen der Umkehrung des Weltbildes im Auge, diejenige Hälfte des Raumes, welche links von der (nach vorn verlängerten) Mittelebene unseres Körpers belegen ist. Mit der linken Hirnhälfte sehen wir diejenige Hälfte des Raumes, welche rechts von unserer Mittelebene belegen ist.

Durchtrennung des rechten Sehstranges hinter der Kreuzung,

1) Diese vorübergehende Erblindung ist wohl zu unterscheiden von der andauernden Sehstörung durch die (immer doppelseitige) Netzhautentzündung bei Nierenleiden. Gelegentlich können an demselben Kranken beide Zustände zur Beobachtung gelangen.

2) Die convexe Fläche des Hinterhauptlappens ist das lichtempfindliche Rindenfeld des Auges.

3) Bei ruhig gradeaus gerichtetem Blick, bei der sogenannten Primärlage der Augen.

oder seiner Fortsetzung durch die rechte Hirnhälfte hindurch, oder Ausschaltung des rechten Sehcentrums an der Oberfläche des Hinter-

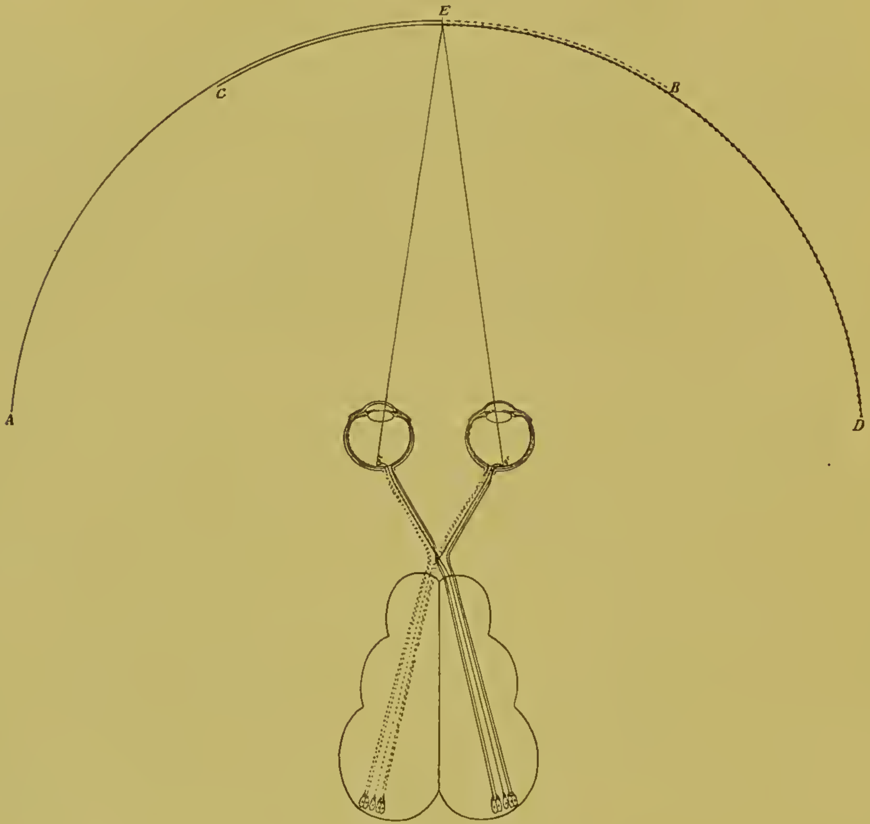


Fig. 21.
Schematische Darstellung des gesammten (zweiäugigen) Gesichtsfeldes. *gr* = Grube des rechten Auges, *gl* = Grube des linken Auges. *E* = Fixirpunkt. *CD* = Gesichtsfeld des rechten Auges, *AB* = Gesichtsfeld des linken Auges. *ED* = rechte Hälfte des Gesichtsfeldes vom rechten Auge, *EB* = rechte Hälfte des Gesichstfeldes vom linken Auge. *ED* und *EB* projiciren sich auf das Centralorgan im linken Hinterhauptlappen. Der Fixirpunkt jedes der beiden Augen wird von beiden Centralorganen versorgt.

hauptlappens bewirkt linksseitige Halbblindheit, bei welcher jedem Auge symmetrisch die linke Hälfte seines Gesichtsfeldes ausfällt.[1])

Durchtrennung des linken Sehstranges, oder seiner Fortsetzung durch das Gehirn, oder Ausschaltung des linken Sehcentrums an der Oberfläche des Hinterhauptlappens bewirkt rechtsseitige Halbblindheit, bei welcher jedem Auge symmetrisch die rechte Hälfte seines Gesichts-

---

1) Hemi-a-blepsia homonyma sinistra. Von *ἥμισυς* halb, *ἀ*-privativum, *βλέπω* ich sehe; *ἀβλεψία* heisst Blindheit. Hemianopsia oder Hemianopia sind gebräuchliche, aber unbrauchbare Bezeichnungen: *ἀνοψία* heisst Mangel an Zukost, *ἀνώπιον* die Gegend über der Thür. — *Ὁμώνυμος* heisst gleichnamig, von *ὁμός* gemeinsam, *ὄνομα* oder *ὄνυμα* Name.

feldes ausfällt. Durchtrennung eines Sehnerven wirkt nur auf dasjenige Auge, zu dem er hinzieht; verursacht Erblindung dieses Auges ohne Betheiligung des andern.

Wenn wir nunmehr als Netzhaut im weiteren Sinne den ganzen lichtempfindlichen Nervenapparat (die eigentliche Netzhaut, den Sehnerven, die bezüglichen Nervenfasern und Ganglienzellen im Gehirn) bezeichnen; so können wir die drei letzten Arten der Sehstörung (II, III, IV) als nervöse der ersten, der dioptrischen, gegenüberstellen. Diese Eintheilung ist von grosser Bedeutung. Denn das ist bei jeder, das Sehen betreffenden Klage eines Kranken die erste und wichtigste Frage, sowohl in Rücksicht auf die Erkenntniss der Krankheit, als auch auf die Heilung[a] derselben: Finden die Lichtstrahlen auf dem Wege zur Netzhaut ein mechanisches Hinderniss, das ja oft genug durch mechanische Kunsthilfe, sei es durch passende Brillen, sei es durch Operation, beseitigt werden kann? Oder ist der nervöse Theil des Sehorgans leidend, dem wir ja nach der Natur der Sache nicht so leicht beikommen können? Denn die Hoffnung, dass z. B. ein entweder dem Magen einverleibtes oder unter die Haut gespritztes Heilmittel gerade auf die Ganglienzellen der rechten Hinterhauptsrinde die gewünschte Wirkung entfalte, ist eben nur in einzelnen Fällen aussichtsvoll.

a) auf Diagnose und Therapie.

Diese erste und wichtigste Frage über den Sitz des Leidens ist fast immer rasch und sicher zu entscheiden, mit Hilfe des Augenspiegels; während auf verwandten Gebieten, z. B. in der Ohrenheilkunde, die entsprechende Frage noch heute ernsteren Schwierigkeiten begegnet.

Früher allgemein, und von vielen Aerzten noch bis vor kurzer Zeit, sind dioptrische Störungen mit nervösen verwechselt worden. Nicht allzuselten hat der Mensch ein gutes und ein mittelmässiges Auge. Früher pflegte man dem letzteren immer, was doch nur in einzelnen Fällen zutrifft, eine angeborene Nervenschwäche[b] anzudichten; wer aber mit dem Augenspiegel umzugehen weiss, findet recht häufig einen Fehler der Lichtbrechung[c] und vermag ihn — zu beseitigen!

b) Amblyopia congenita.

c) Astigmatismus.

Was in der Geschichte der fortschreitenden Wissenschaft sich abgespielt, das kehrt auch in der des einzelnen Arztes wieder: je länger er beobachtet, um so häufiger hat er Gelegenheit, scheinbare Sehschwäche in dioptrische Fehler aufzulösen.

Zusatz.

In der Sprache der Aerzte wird die Sehstörung als Amblyopie, die Erblindung als Amaurose bezeichnet. Diese Ausdrücke kommen schon bei den altgriechi-

schen Aerzten vor. *Ἀμβλύς* heisst stumpf, *ὤψ* das Gesicht, also *ἀμβλυωπία* stumpfes Gesicht; *ἀμαυρός* heisst dunkel, also *ἀμαύρωσις* die Verdunkelung.

In den hippocratischen Schriften (von 430 bis 200 v. Chr.) kommen beide Worte vor, jedoch (wie gewöhnlich in diesen Werken) ohne eingehende Erklärung.[1])

Immerhin findet sich in der (unechten) Schrift über das Sehen die spätere Begriffserklärung der Amaurose klar angedeutet.[2])

In den galenischen Schriften (aus und nach dem zweiten Jahrh. n. Chr.) und bei den späteren Griechen ist bereits diejenige Definition ausgeführt, welche sich durch die vielen Jahrhunderte hindurch bis auf unsere Tage erhalten hat: Amaurose ist Blindheit ohne sichtbaren Fehler des Auges.[3])

Ja, wir finden bereits den klaren Hinweis darauf, dass Amaurose ein Leiden der nervösen Theile des Sehorgans[4]) darstelle, — 1000 und selbst 1500 Jahre vor Boerhave[5]) und Beer, denen diese Entdeckung nachgerühmt wird.

Den Neueren blieb nicht viel mehr übrig als — die Entdeckung des Augenspiegels[6]) und der damit sichtbaren Veränderungen.

In dem Latein der mittelalterlichen Aerzte findet sich für Amaurose der Ausdruck gutta serena, wörtlich der heitere Tropfen: gutta (für suffusio, cataracta) bedeutet Star, Sehstörung; serena aber die klarbleibende Pupille. Das Volk nennt es ängstlich den schwarzen Star, die Gelehrten sind mit suffusio nigra voraufgegangen.

Es fragt sich nun, ob wir heutzutage, ausgerüstet mit dem Augenspiegel und mit den dadurch gewonnenen Kenntnissen, überhaupt noch den Begriff der Amblyopie und Amaurose festhalten sollen; ob wir nicht besser thun, in jedem einzelnen Falle die mit dem Augenspiegel sichtbaren Veränderungen als Eintheilungsgrund zu be-

---

1) In den Aphorismen wird unter den Krankheiten des Greisenalters auch die Amblyopie aufgeführt. Ausg. v. Kühn, III, 726: *τοῖσι δὲ πρεσβύτῃσι . . . . . ἀμβλυωπίαι, γλαυκώσεες, βαρηκοΐαι.* — Praenot. I. 268. *Ὀμμάτων ἀμαύρωσις.* Es verdient bemerkt zu werden, dass hier Verdunklung der Augen gesagt wird. (Papyr. Ebers: tehn m mrt).

2) Ausg. v. Kühn, III, 46: Wenn die Augen bei ganz gesunder Beschaffenheit die Sehkraft einbüssen, so muss man den Schädel trepaniren und das Hirnwasser herauslassen: so wird der Blinde wieder sehend. *ἤν τινι οἱ ὀφθαλμοὶ ὑγιέες ὄντες διαφθείροιεν τὴν ὄψιν, τουτέῳ χρὴ ταμόντα κατὰ τὸ βρέγμα, ἐπαναδείραντα, ἐκπρίσαντα τὸ ὀστέον, ἀφελόντα τὸν ὕδρωπα, ἰῆσθαι, καὶ οὕτως ὑγιέες γίγνονται.*

3) Pseudogalen. Med., XIV, 776. Galen in Hipp. Praed. Comm., XVI, 611. Aët. p. 133, Paull. Aeg. p. 77., Theoph. Nonn. c. 21. Besonders aber Joann. Act. II, 448: *ἡ ἀμαύρωσις παντελής ἐστι τοῦ ὁρᾷν ἐμποδισμὸς, χωρίς τινος πάθους φανεροῦ περὶ τὸν ὀφθαλμόν.*

4) Galen, VIII, 218. Aët. p. 133, Joann. Act. II. 448.

5) Er fand allerdings „bei einseitiger Amaurose des leidenden Auges Stern ohne Bewegung auf Lichteinfall.“ (Augenkr., Nürnberg 1751). Aber Galen hatte das auch schon gewusst. (V, 614.)

6) Hierdurch wurde der alte Satz ganz hinfällig, „Amaurose sei der Zustand, wo der Kranke nichts sieht und der Arzt auch nichts.“ Man schreibt ihn gewöhnlich dem geistreichen Ph. von Walther zu; aber mit Unrecht. Derselbe hat ihn bekämpft durch die Erklärung, dass „bei der Amaurose weder subjective noch objective Zeichen fehlen.“ (Die Lehre vom schwarzen Star, Berlin, 1841. S. 5.)

nutzen. In der That fällt es heute Niemandem ein, z. B. einem Fall von Netzhautentzündung unter die Amblyopien zu rechnen, da der erst genannte Name ja viel bezeichnender ist. Aber andererseits kann man doch nicht leugnen, dass trotz der vollkommenen Umwälzung, welche das Gebiet der früher sogenannten Amblyopien auf Grund der Augenspiegel-Forschungen erlitten hat, doch noch Vieles zu thun übrig bleibt, und dass noch nicht alle weitgehenden Hoffnungen sich erfüllt haben. Es giebt noch heute, in der Zeit des Augenspiegels, Sehstörungen ohne erkennbare Veränderungen, sei es der äusseren, sei es der inneren Theile des Auges, es giebt noch heute Amblyopien ohne Spiegelbefund. Wir können den geschichtlich entwickelten Begriff beibehalten; müssen aber versuchen, ihn schärfer zu fassen.

Anblyopie ist Sehstörung, welche von einem Leiden der nervösen Theile des Sehorgans, der Netzhaut im oben erwähnten weiteren Sinne, abhängt. Folgerichtig ist Amblyopie, mit ihrem Endausgang, der Amaurose, ein Symptom aller Leiden der Netzhaut im engeren Sinne, ferner des Sehnerven, der Kreuzung, sowie der lichtleitenden und empfindenden Hirntheile selber. Da wir aber heutzutage gewöhnt sind, jeden Krankheitsfall, wo es angeht, nach dem örtlichen Sitz des Leidens zu benennen; so müssen wir, falls der Augenspiegel Entzündung der Netzhaut, Verstopfung der Netzhautschlagadern, Anschwellung des Sehnervenkopfes u. s. w. uns klar legt, hiernach die Benennung wählen. Als reine Amblyopien blieben nur diejenige Fälle übrig, in denen ein solcher anatomischer Sitz des Leidens entweder gar nicht oder nicht mit Sicherheit, oder doch nicht im Beginn deutlicher Sehstörung angegeben werden könnte. Der Ausdruck Amblyopie wäre in gewissem Sinne analog dem einer sogenannten functionellen Lähmung irgend eines anderen Nerven; das heisst, er wäre ein Eingeständniss unserer diagnostischen Unfertigkeit. Genau genommen würde dann aber doch nicht jeder Spiegelbefund vermisst werden in den Fällen der so umgrenzten Amblyopien; man würde schon Verfärbungen des Sehnerven in den späteren Stadien meist wahrnehmen, nur nicht solche, welche ganz eigenartig[a] sind oder gar die bestimmte Krankheit genau kennzeichneten.[b]

[a] charakteristisch.
[b] pathognomonisch.

Genau genommen würde dann die Atrophie des Sehnerven nicht in dieses Capitel hinein gehören, und doch hat man sich gewöhnt, gerade diese als „progressive Amblyopie" oder Amaurose im eigentlichen Sinne zu betrachten, einmal, weil es vor Helmholtz's unsterblicher Entdeckung fast unmöglich schien, frühzeitig eine sichere Diagnose zu stellen; sodann weil auch heute noch, wenigstens in einzelnen Fällen, im Beginne des Leidens der Spiegelbefund wenig charakteristisch ist; endlich weil die schliesslich eintretende Veränderung (die mehr oder minder helle Verfärbung des Sehnervenkopfes) den Endausgang recht verschiedener Vorgänge darstellen kann.

Der naturgemässe Weg der Erörterung leitet uns zunächst zu den optischen Fehlern des Auges und zu den Mitteln, sie zu erkennen und unschädlich zu machen.

Vierter Abschnitt.

Refraction.

1. Dioptrik der gewöhnlichen Brillengläser.

Wer das Gebiet der optischen Fehler des Auges mit Verständniss durchwandern will, hat eine gewisse Kenntniss der mathematisch-physikalischen Dioptrik mitzubringen. Ich weiss sehr wohl, dass die praktischen Aerzte auch heute noch solchen Erörterungen abhold sind, ebenso wie vor 1700 Jahren, zu den Zeiten des braven Galenus,[1]) welcher schon über diese, wie es scheint, berechtigte Eigenthümlichkeit des ärztlichen Standes bitter sich beklagte. Nichtsdestoweniger muss ich mir die Erlaubniss nehmen, das Unentbehrliche, trotzdem es ja langweilig scheinen mag, in kurzer und einfacher Form vorzutragen, da sonst für alles Weitere eine Verständigung nicht möglich ist. Das Auge ist ein optisches Werkzeug. Wer die Krankheiten des Auges verstehen will, muss sich mit Optik beschäftigen.

Der Brillenkasten, welcher eine passende Sammlung von Brillengläsern nebst Gestellen enthält, ist heutzutage ein unentbehrliches Hilfsmittel der ärztlichen Diagnose. Nicht mehr ist es möglich, wie zur Zeit unserer wissenschaftlichen Grossväter, die Hilfesuchenden „zu einem Brillenhändler zu senden, der gute Brillen führt, damit sie selber die richtige und passende sich aussuchen.“

Lediglich durch die Brillenwahl gelingt es uns in verschiedenen Fällen, einer so wichtigen Krankheit, wie der Zuckerharnruhr, auf die Spur zu kommen. Es gelingt uns, durch passende Brillengläser heftige und andauernde Kopfschmerzen und die verschiedensten nervösen Beschwerden, die dem Kranken das Leben verbittern, leicht

---

1) Vom Nutzen der Theile, 10. Buch, 12. Hauptstück. Ausg. v. Kühn, Band III, S. 812. (δυσχεραίνουσι).

und vollständig zu beseitigen und die Arbeitsfähigkeit, die er vergeblich ersehnte, ihm zu verschaffen und zu erhalten.

In unseren gewöhnlichen Brillenkästen finden wir zwei Arten von Brillengläsern, die beide auf Kugelflächen geschliffen sind:

1. Doppelt erhabene, biconvexe oder Sammellinsen. Sie haben wirklich, woher der Name genommen, die Gestalt einer Linsenfrucht,

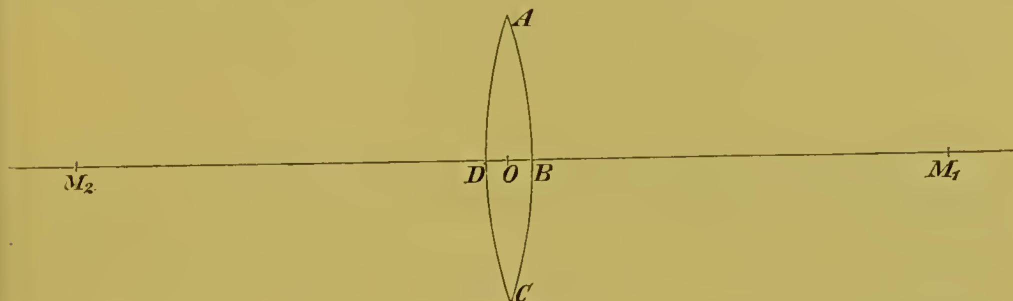


Fig. 22.

Die krumme Linie *ADCB* stellt den Dickendurchschnitt einer ebenmässigen, doppelt-erhabenen Linse dar. Der Punkt *O* in der Mitte der Linse heisst der optische Mittelpunkt. Die gerade Linie $M_1 M_2$ ist die Hauptachse. Auf dieser Graden liegt einerseits der Punkt M_2, der Krümmungsmittelpunkt derjenigen Kugelfläche, von welcher *ABC*, die hintere Fläche der Sammellinse, ein Stück darstellt; und andererseits M_1, der Krümmungsmittelpunkt von *ADC*.

den auf Fig. 22 dargestellten Durchschnitt, und werden vom Rande nach der Mitte zu dicker.

2. Doppelt ausgehöhlte, biconcave oder Zerstreuungslinsen. Sie geben auf dem Durchschnitt die Fig. 23 und werden also vom Rande nach der Mitte zu dünner.

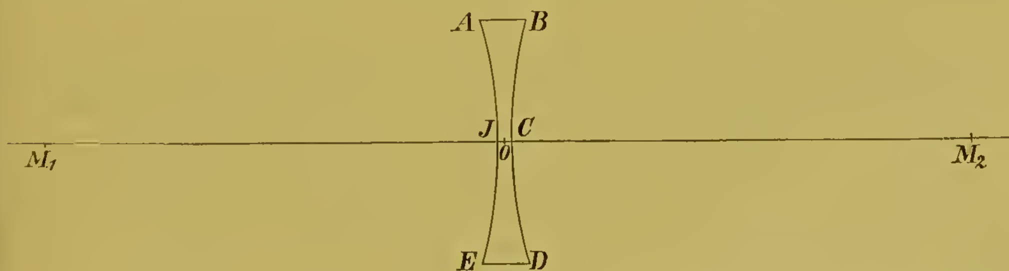


Fig. 23.

ABCDEJ = Durchschnitt der biconcaven Linse, $M_1 O M_2$ = Hauptachse, *O* = optischer Mittelpunkt; M_1 = Krümmungsmittelpunkt derjenigen Kugelfläche, von welcher *AJE*, die Vorderfläche der biconcaven Linse, ein Stück darstellt; M_2 = Krümmungsmittelpunkt von *BCD*.

Durch den unmittelbaren Versuch kann man sehr leicht erkennen, dass eine Sammellinse von einen fernen Gegenstand (wenn derselbe von *O* aus betrachtet, nur einen kleinen Winkel umspannt,) ein umgekehrtes Bild entwirft, welches im Gange der Lichtstrahlen hinter der Linse gelegen, reell, d. h. auf einem Schirm aufzufangen, sowie dem Gegenstand form- und farbenmässig ähnlich ist. Dies

bedeutet, dass alle von einem Punkte des Gegenstandes ausfahrenden und auf die Linse fallenden Lichtstrahlen wieder in einen Punkt des Bildes gesammelt werden.

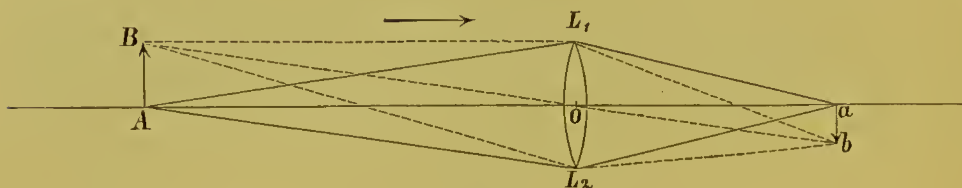


Fig. 24.

Liegt der Gegenstandspunkt in der Hauptachse der Sammellinse, so liegt auch der Bildpunkt in derselben Achse. Ist der Gegenstand senkrecht zur Hauptachse gerichtet, so ist auch das Bild senkrecht zu derselben. Rückt der Gegenstand näher an die Sammellinse heran, so rückt das Bild weiter von der letzteren ab und wird verhältnissmässig grösser.

Richtet man die Sammellinse gegen einen sehr fernen Lichtpunkt, z. B. gegen einen Stern; so entsteht in einem bestimmten Punkt (B_2) hinter der Linse ein punktförmiges Bild des leuchtenden Gegenstandes.

Jener Punkt B_2 heisst Brennpunkt oder zweiter Hauptbrennpunkt der Sammellinse. [1])

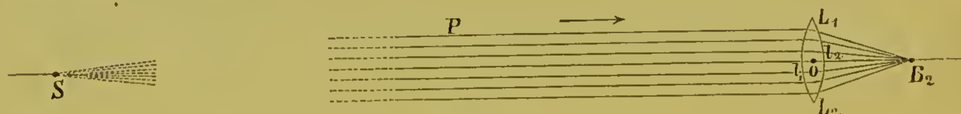


Fig. 25.

S ist der ferne Lichtpunkt. Um anzudeuten, dass S im Verhältniss zu den Ausdehnungen der Zeichnung ausserordentlich weit von der Linse $L_1 L_2$ entfernt zu denken sei, ist der Anfang des von S ausfahrenden Strahlenbündels punktirt. Der Pfeil giebt die Richtung der Strahlen.

Das von einem leuchtenden Punkt (S) ausfahrende Strahlenbündel ist zunächst divergent, da bekanntermassen das Licht gleichförmig nach allen Richtungen des Raumes sich ausbreitet. Ist aber die Entfernung des lichtaussendenden Punktes von der lichtauffangenden Fläche ausserordentlich gross, unmessbar gross oder, wie man sagt, unendlich gross gegen den Durchmesser der lichtauffangenden Fläche; ist also in unserem Beispiele Sl_1 unendlich gross gegen $L_1 L_2$, die Breite der Linse, oder $\frac{Sl_1}{L_1 L} = \infty$: so kann man das von S aus-

1) Richtet man nämlich die Sammel-Linse gegen die Sonne, und hält in B_2 einen leicht brennbaren Gegenstand; so wird der letztere durch die Sammlung der Lichtstrahlen in einen engen Raum und die davon abhängige Erhitzung dieses Raumes entzündet.

gehende und auf die Linse fallende Bündel der Lichtstrahlen als ein unter sich und mit der Achse Sl_1 paralleles ansehen. Denn man definirt seit Euklid zwei parallele Linien in einer Ebene als solche, die in einem unendlich fernen Punkte der letzteren sich schneiden. Visirt man von L_1 und von L_2 nach S hin, so könnte man die Grösse des Winkels $L_1 SL_2$ nicht angeben, da derselbe nicht von Null verschieden gefunden wird.[1])

Das parallel der Hauptsache Sl_1 auf die Linse $L_2 L_2$ fallende Strahlenbündel wird in dem zweiten Hauptbrennpunkt derselben, nämlich in

---

1) Der mathematische Begriff des Unendlichen erheischt hier eine kurze Erläuterung. Die Lehrbücher der Augenheilkunde springen oft sonderbar mit der Unendlichkeit um und lassen sie ziemlich allgemein bereits in zwanzig Fuss Entfernung von dem betrachteten Auge beginnen. Dies ist ungereimt. Unendliches können wir weder schauen noch vorstellen. Folglich kann auch in der Geometrie oder Algebra kein Ding, keine Grösse an sich unendlich gross sein. Es kann aber leicht eine Grösse A vorgestellt werden, welche so gross ist, im Verhältniss zu einer anderen Grösse a, dass bei der praktischen Ausmessung der Grösse A die Hinzufügung oder die Fortnahme der Grösse a schlechterdings nicht in Betracht kommt. Ist für alle Messungen, die wir ausführen können, $(A + a)$ und $(A - a)$ für uns nicht merkbar verschieden von A; so können wir sagen, dass A unendlich gross gegen a oder $\frac{A}{a} = \infty$ oder $\frac{a}{A} =$ null.

Der Begriff der Unendlichkeit ist nicht eine Eigenschaft, die einem Ding anhaftet; sondern erwächst immer erst aus einer Beziehung zwischen zwei Grössen. Wenn ein Feldmesser ein Feld nach Hektaren und Aren mit der Messkette genau ausgemessen hat, so würde er sehr thöricht handeln, wenn er das Maass bis auf einen Quadratmillimeter genau angeben wollte. Und ebenso thöricht würde der Besitzer handeln, welcher einen Streifen Landes von der Breite eines Millimeters etwa von seinem Nachbar einklagen wollte. Gegen diesen Streifen wäre der Flächeninhalt des Grundstückes unendlich gross.

Vollends ist die Siriusferne unendlich gross gegen die Breite einer unserer Glaslinsen, da kein Mensch einen Unterschied in der Länge der Strahlen Sl_1 und SL_1 oder SL_2 anzugeben vermöchte.

Fünfzehn oder zwanzig Fuss (5 oder 7 Meter) geben allerdings eine sehr gut anschauliche Grösse und haben an sich mit dem Begriff der Unendlichkeit nichts zu schaffen. Befindet sich aber ein Lichtpunkt, d. h. eine sehr kleine lichtaussendende Fläche, zwanzig Fuss von der Pupille eines Auges, die doch im Allgemeinen nur eine Linie oder kaum $\frac{1}{3000}$ von 20 Fuss erreicht; so kann man die Gegenstandsferne als unmessbar gross gegen die Breite der lichtauffangenden Fläche ansehen, da in der That der Divergenzwinkel des Strahlenbündels nur durch $\frac{1}{3000} = 0{,}0003$ (d. h. arc. tang. 1.5 Bogenminuten), also durch einen fast unmessbar kleinen Winkel dargestellt wird.

Dies ist der wahre oder mathematische Sinn der sogenannten opthalmologischen Unendlichkeit.

B_2, vereinigt. Folglich wird ein jeder Strahl, welcher *vor* dem Eintritt in die Linse ihrer Hauptachse parallel zieht (z. B. PL_1), *nach* der Brechung durch den zweiten Hauptbrennpunkt B_2 hindurchgehen. Der einfallende und der gebrochene Strahl können aber in jedem Falle ihre Rolle austauschen; dies ist das sogenannte Reciprocitätsgesetz, welches unmittelbar aus dem physikalischen Brechungsgesetz folgt.[1])

Somit wird jeder Strahl, der *hinter* der Linse durch den zweiten Hauptbrennpunkt hindurchgeht, *vor* der Linse der Hauptachse parallel ziehen.

Richten wir die *andere Seite* derselben Sammellinse gegen einen sehr fernen Lichtpunkt S_1, so wird ein punktförmiges Bild des letzteren in dem *vorderen Brennpunkte* B_1 der Linse entworfen.

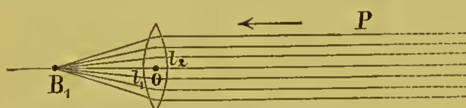


Fig. 26.

B_1 liegt um dieselbe Strecke *vor* dem optischen Mittelpunkt O der Linse, wie B_2 *hinter* O; $B_2 O = OB_1$ wird die *Hauptbrennweite* der Linse genannt und mit dem Buchstaben F bezeichnet.

Jetzt haben wir alle Thatsachen gesammelt, um auf ganz einfache Weise das *mathematische Gesetz der zusammengehörigen Bildgrössen und Bildfernen* für gewöhnliche Sammellinsen zu entwickeln.

Wir sehen beim ersten Blick auf Fig. 28, dass $\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}$, also $\varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2$. (Für Linsen ist $F_1 = F_2$.)

Es sei AC ein beliebiger, lichtaussendender Gegenstand, senkrecht zu PQ, der Hauptachse der Linse. Der von C der Hauptachse parallel ausfahrende Strahl CH muss, nach der Brechung, durch den Punkt B_2 gehen, in der Richtung B_2D. Der von C ausfahrende und durch den Punkt B_1 gehende Strahl CJ_1 ist nach der Brechung parallel mit der Hauptachse und zieht weiter in der Richtung IK. In

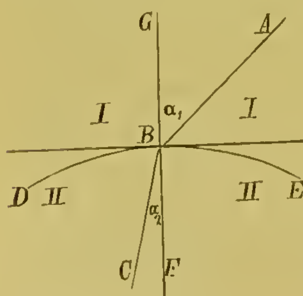


Fig. 27.

1) Das Brechungsgesetz lautet $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$. Folglich gilt auch die Gleichung $n_2 \sin \alpha_2 = n_1 \sin \alpha_1$. Ist in der Ebene der Zeichnung AB der einfallende Strahl und BC der gebrochene, DBE der Durchschnitt der beliebig gekrümmten Trennungsfläche zwischen den beiden optisch verschiedenen, einfach brechenden Mitteln I und II, GF das Einfallsloth im Punkte B; so muss, wenn CB den einfallenden Strahl darstellt, BA der gebrochene sein.

C_1 schneiden sich die beiden gebrochenen Strahlen HD und IK. C_1 ist also der Vereinigungspunkt aller von C ausfahrenden und die Linse treffenden Strahlen, da diese sich nach der Brechung in einem Punkte schneiden. C_1 ist der Vereinigungspunkt des von C aus auf die Linse fallenden homoecentrischen[1]) Strahlenbündels und wird der Bildpunkt von C genannt. Da AC senkrecht zur Hauptachse, so muss auch das Bild $A_1 C_1$ senkrecht zur Hauptachse sein. Wir erhalten A_1, den Bildpunkt von A, indem wir von C_1 ein Loth bis zur Hauptachse fällen.

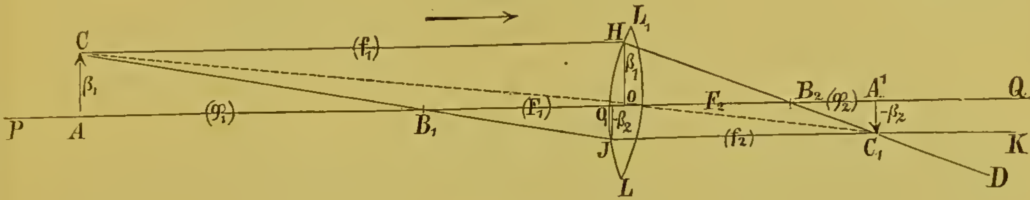


Fig. 28.

Wir bezeichnen CA mit β_1, $C_1 A_1$ mit $-\beta_2$. (Das Minuszeichen bedeutet die, im Vergleich mit dem Gegenstand, entgegengesetzte Lage des Bildes zur Hauptachse.)

Wir bezeichnen ferner AB_1 mit φ_1, $B_2 A_1$ mit φ_2, $B_1 O$ mit F_1', OB_2 mit F_2; fällen von H auf die Hauptachse ein Loth, welches wegen der Dünne der Linse von HO nicht wesentlich abweicht und jedenfalls gleich β_1 sein muss. Wir fällen von I ein Loth IO_1 auf die Hauptachse; (Punkt O_1 muss wegen der Dünne der Linse ganz nahe bei O liegen); IO_1 ist jedenfalls gleich $-\beta_2$. Nunmehr ist $\triangle ACB_1 \sim \triangle B_1 IO_1$: da $\angle CB_1 A = \angle IB_1 O_1$ als Scheitelwinkel, $\angle CAB_1 = \angle B_1 O_1 I$ als Rechte.

Folglich 1. $\dfrac{CA}{IO_1} = \dfrac{AB_1}{B_1 O_1}$.

Ebenso ist $\triangle HOB_2 \sim \triangle B_2 C_1 A_1$; da $\angle HB_2 O = \angle A_1 B_2 C_1$ als Scheitelwinkel, $\angle HOB_2 = \angle B_2 A_1 C_1$ als Rechte.

Folglich 2. $\dfrac{HO}{A_1 C_1} = \dfrac{OB_2}{B_2 A_1}$.

Aus Gleichung 1 und 2 folgt sofort:

$$3.\ \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1};\quad 4.\ \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{F_2}{\varphi_2};$$

oder die Doppelgleichung I. $\dfrac{\beta_1}{-\beta_2} = \dfrac{\varphi_1}{F_1} = \dfrac{F_2}{\varphi_2}$.

Aus dem zweiten Theile der Doppelgleichung, nämlich $\dfrac{\varphi_1}{F_1} = \dfrac{F_2}{\varphi_2}$, folgt unmittelbar

$$\text{II. } \varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2.$$

In den Schulbüchern der Physik und der Augenheilkunde findet man häufig eine andere Form der Gleichung von den zugeordneten Bildweiten. Dieselben sind nicht, wie eben entwickelt, von den Hauptbrennpunkten ab, sondern von dem optischen Mittelpunkt ab gerechnet.

Es sei $f_1 = AO$, $f_2 = OA_1$. Dann ist selbstverständlich $f_1 = \varphi_1 + F_1$, oder $\varphi_1 = f_1 - F_1$; $f_2 = \varphi_2 + F_2$, oder $\varphi_2 = f_2 - F_2$.

---

1) Von einem Punkt ausgehenden, (ὁμόκεντρος, von ὁμός gemeinsam und κέντρον Mittelpunkt.)

Folglich wird aus Gleichung II

$$(f_1 - F_1)(f_2 - F_2) = F_1 F_2, \text{ oder (da hier } F_1 = F_2)$$

$$f_1 f_2 - f_2 F - f_1 F + FF = FF.$$

$$f_1 f_2 = f_2 F + f_1 F.$$

$$\frac{f_1 f_2}{f_1 f_2 F} = \frac{f_2 F}{f_1 f_2 F} + \frac{f_1 F}{f_1 f_2 F}.$$

III. $$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}.$$

IIIa) $$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f_1}.$$

Concave oder Zerstreuunglinsen entwerfen von einem fernen Gegenstand, (der, vom optischen Mittelpunkt der Linse aus betrachtet, nur einen kleinen Winkel umspannt,) ein aufrechtes, virtuelles, d. h. nicht auffangbares, scheinbar vor der Linse belegenes Bild, welches dem Gegenstand form- und farbenmässig ähnlich ist. (Fig. 29.)

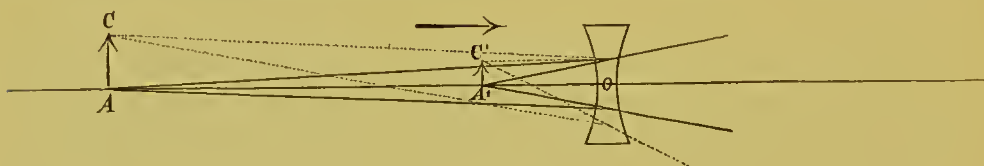


Fig 29.

Richtet man die Zerstreuungslinse gegen einen sehr fernen Lichtpunkt S, so entsteht ein punktförmiges Bild des letzteren in einem Punkt B_2, der im Gange der Lichtstrahlen, wie er in Fig. 30 durch den oberen Pfeil dargestellt wird, vor der Linse gelegen ist, und der zweite negative Hauptbrennpunkt, oder der zweite Hauptzerstreuungspunkt der Concavlinse genannt wird. Das von dem sehr fernen Punkt S ausgehende, parallel auf die Zerstreuungslinse fallende Strahlenbündel HPH_1P_1 wird zerstreut zu dem divergenten Bündel PQP_1Q_1, dessen scheinbarer Ausgangspunkt B_2 ist. — Ein nach B_2 convergent auf die Concavlinse fallendes (z. B. durch eine Convexlinse convergent ge-

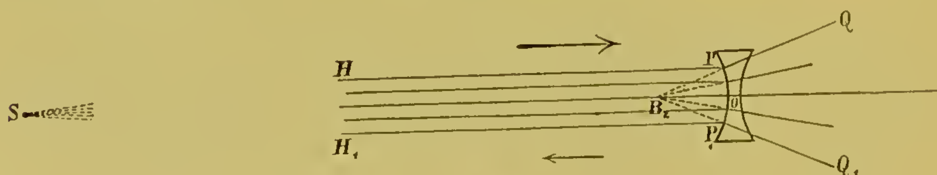


Fig. 30.

machtes) Strahlenbündel (QPQ_1P_1) ist nach der Brechung der Hauptachse parallel (PHH_1P_1). Der untere Pfeil zeigt diesen Strahlengang.

Richten wir die andere Seite der Concavlinse gegen einen sehr fernen Lichtpunkt S_1 (Fig. 31), so wird das parallel einfallende Strahlenbündel (hh_1p_1p) derartig zerstreut zu dem divergenten (pqp_1q_1) als käme es her von B_1, dem ersten Hauptzerstreuungspunkt der Concavlinse.

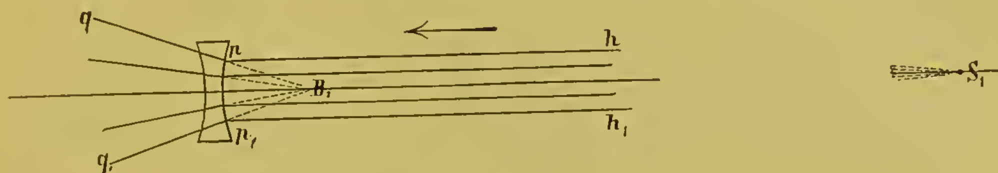


Fig. 31.

Für Zerstreuungslinsen gelten dieselben Hauptformeln, wie für Sammellinsen; nur ist F negativ, da B_2 vor der Linse liegt.

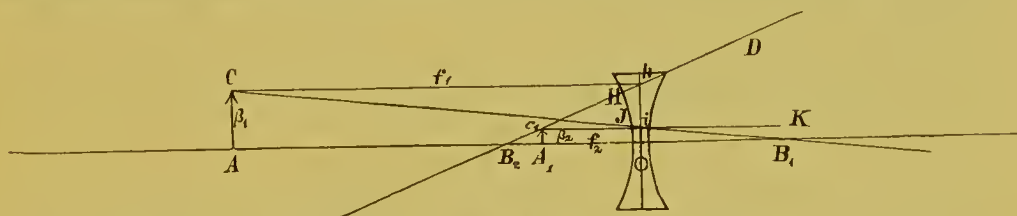


Fig. 32.

Es sei $CA = \beta_1$ der Gegenstand. Der von C aus, der Hauptachse parallel, einfallende Strahl CH geht nach der Brechung weiter, als käme er von B_2, in Richtung hD. Der von C nach B_1 zielende Strahl CB_1 wird nach der Brechung der Hauptachse parallel und zieht weiter in Richtung iK. Die beiden von C ausgehenden und gebrochenen Strahlen hD und iK, gehörig nach rückwärts verlängert, schneiden sich im Punkte C_1: in diesem Punkte müssen daher alle von C ausfahrenden Strahlen nach der Brechung sich treffen; C_1 ist der virtuelle Bildpunkt von C. Fällen wir von C_1 ein Loth auf die Hauptachse, so gewinnen wir im Punkt A_1 den Bildpunkt von A; $C_1 A_1$ ist das virtuelle Bild von CA.

$$\triangle\, CAB_1 \sim \triangle\, iOB_1.$$

$$\frac{CA}{iO} = \frac{AB_1}{OB_1} \text{ oder } 1.\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}\text{ [1]}.$$

$$\triangle\, hOB_2 \sim \triangle\, C_1A_1B_2.$$

$$\frac{hO}{C_1A_1} = \frac{B_2O}{B_2A_1} \text{ oder } 2.\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_2}{\varphi_2}$$

$$\text{I. } \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}$$

$$\text{II. } \varphi_1\,\varphi_2 = F_1\,F_2.$$

Die Formeln I und II sind identisch mit den für Convexlinsen gewonnenen, wenn man für Concavlinsen F_1 und F_2 negativ setzt, was ja auch selbstverständlich

---

1) Man hat $iO = +\beta_2$ zu setzen, da nach Construction C_1A_1 gleich gerichtet mit CA.

ist, da im Falle der Convexlinsen die Strecke $B_1\ O$ vor O, hingegen $O\,B_2$ hinter O; im Falle der Concavlinse $O\,B_1$ hinter O, aber $B_2\ O$ vor O belegen ist.

Aus $\varphi_1\ \varphi_2 = F\,F$ muss auch für Concavlinsen die daraus abgeleitete Formel $\left(\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}\right)$ folgen, in welcher natürlich F das Minuszeichen erhält.

Die Construction, deren wir uns bei Fig. 28 und Fig. 32 bedient, ist für alle Fälle anwendbar.

Denken wir in Fig. 28 den Abstand $A\,B_1$ sehr gross, so wird $B_2\,A_1$ sehr klein; d. h. das umgekehrte, reelle, verkleinerte Bild wird in unmittelbarer Nähe des hinteren Hauptbrennpunktes entworfen. Das ist der Fall eines Fernrohrobjectivs. Denken wir aber $A_1\ C_1$ als Gegenstand, so wird $C\,A$ das Bild; und wenn $B_2\ A_1$ sehr klein vorgestellt wird, haben wir den Fall des Mikroskopobjectivs.

Für die praktische Dioptrik bleibt uns noch ein dritter Hauptfall zu erledigen, der bei der Lupe, dem Fernrohr- wie Microscop-Ocular und bei der Convexbrille der Alterssichtigen[a]) Anwendung findet: der Gegenstand AC liege vor der Sammellinse, zwischen B_1 und O.

a) Prespyopen.

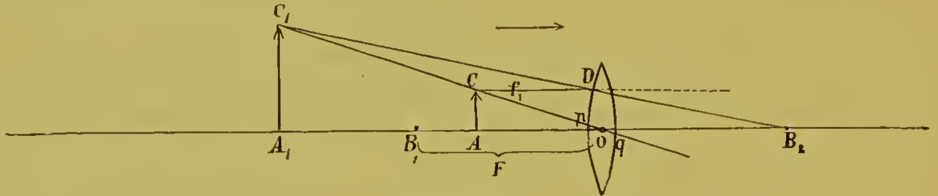


Fig. 33.

Der Strahl $C\,O$ welcher durch den optischen Mittelpunkt[1]) O zielt, bleibt unabgelenkt; der Strahl $C\,D \mp B_1\,B_2$ geht nach der Brechung durch B_2: die beiden gebrochenen Strahlen Cq und $D\,B_2$ müssen, rückwärts verlängert, sich schneiden. ($C\,D < O\,B_2$, nach der Voraussetzung.) Der Schnittpunkt C_1 ist der Bildpunkt von C; $C_1\,A_1$ ist das virtuelle Bild von $C\,A$.

Die Vergrösserung der Lupe, $V = \frac{A_1\,C_1}{A\,C}$.

Liegt A sehr nahe an B_1, so wird $A\,O = F$. $A_1\,O$, die deutliche Schweite, sei $s = 8'' = 216$ Mm.

$V = \frac{s}{F} = \frac{216}{F}$, wenn F in Mm. Maass gegeben ist.

Hat die Lupe eine Brennweite von $2'' = 54$ Mm., so wird

$$V = \frac{216}{54} = 4.$$

---

1) Der Strahl, der vom Gegenstandspunkt C zum Bildpunkt C_1 durch O zieht (Fig. 28) wird nicht abgelenkt. (Die in p und q an die Linsenflächen gelegten Berührungsebenen sind einander parallel. Fig. 33.)

O ist der Symmetriepunkt für die zusammengehörigen Bildpaare.

Zusatz.

Geschichtliche und andere Bemerkungen über Brillen.

1. Das deutsche Wort Brille stammt aus dem griechischen. *Βήρυλλος* war ein indischer, meergrüner, durchsichtiger Edelstein.[1]) Bei den Römern schrieb man auch berullus; im Mittelalter berillus, auch zur Bezeichnung von Crystall oder Glas.[2])

2. Den alten Griechen und Römern waren die Brillen gänzlich unbekannt. Sie wussten wohl, dass mit Wasser gefüllte Glaskugeln, wenn die Sonnenstrahlen darauf fallen, leicht brennbare Gegenstände entflammen.[3]) Sie lernten auch später, dass diese Kugeln kleine Gegenstände vergrössern. Aber sie schoben diese Wirkung auf das Wasser, nicht auf die kugligen Flächen.[4])

3. Von der vergrössernden Kraft eines gläsernen Kugelsegments spricht bereits der spanische Araber Alhazen im 11. Jahrh. n. Chr.; aber die Convexbrillen sind erst gegen das Jahr 1300 erfunden worden. (Angeblich von dem Florentiner Salvino degli Armati.) Concavbrillen kamen erst um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts allgemein in Gebrauch.

Der erste Arzt, welcher Brillen erwähnt, ist Bernhard Gordon (1305), doch preist er hauptsächlich sein Augenwasser, das die Brillen entbehrlich mache.[5])

---

1) Lucian, V. H., 2, 11. Plin., n. h., XXXVIII, 5. — Der griechisch-lateinische Name stammt, wie bei der Herkunft des Steines selbstverständlich, aus dem altindischen. (Prâkrit: vêluriga; Sanskrit: vaidurya. — Aramaeisch: bellûr; arabisch; billaur.) — Mittelhochdeutsch barille, berille, brille, niederländisch bril.

2) Glossar. med. et inf. latin. (Favre, 1883) I, 639 und VI, 29: Berillus, conspicilium, Gallis besicle (?), Belgis brill . . . . per berillum duplicem legere consueverat — — duos orbes e tenui vitro crystallove aut beryllo, per quos infirmior visus . . . viderit, quos ocularia nominant.

3) Die Brennebene liegt um r hinter der hinteren Fläche.

4) a) Aristophan., Wolken, 766 fgd.:

Στρ. Ἤδη παρὰ τοῖσι φαρμακοπώλαις τὴν λίθον ταύτην ἑόρακας, τὴν καλήν, τὴν διαφανῆ, ἀφ᾽ ἧς τὸ πῦρ ἅπτουσι;

Σωκρ. Τὴν ὕαλον λέγεις;

b) Plin., n. h. XXXVII. s. 10. Invenio medicos quae sunt urenda corporum, non aliter utilius id fieri putare, quam crystallina pila adversis posita solis radiis. XXXVI. s. 67. Addita aqua vitreae pilae sole adverso in tantum excandescunt, ut vestes exurant. c) Senec. nat. quaest. I, c. 6. Omnia per aquam videntibus longe esse majora. Literae quamvis minutae et obscurae per vitream pilam aqua plenam majores clarioresque cernuntur. — d) Plin. XXXVII. S. 64 (Zmaragdi) plerumque et concavi, ut visum colligant. . . . Quorum corpus extentum est, eadem quâ specula ratione supini imagines rerum reddunt. Nero princeps gladiatorum pugnas spectabat in zmaragdo. Hier ist nur von Spiegelung die Rede! Dies hat auch schon Lessing bewiesen. (Antiquar. Briefe, 45.)

5) Est tantae virtutis quod decrepitum faceret legere literas minutas sine ocularibus. (Lilium medicinae, Lugduni 1550, p. 278.) — Auch Guy de Chauliac (geb. 1300 n. Chr.) empfiehlt Brillen gegen Augenschwäche. (Chir. magna, Lugduni 1585, p. 315. Et si ista non valent, ad conspicilia vitri, seu becyclos, est recurrendum.)

Die richtige Erklärung von der Wirkung der Brillengläser hat erst Kepler (1604) gegeben.[1])

4. Geschliffen werden die Brillengläser auf metallenen, kugligen Schleifschalen von bekanntem Halbmesser; früher mittelst der Drehbank, heutzutage in der Regel mittelst einer Dampfmaschine.

2. Ueber Bezeichnung und Brechkraft der Brillengläser. Die Glaslinsen des Brillenkastens vergleicht man nach dem Betrag ihrer Hauptbrennweiten. Die letzteren sind Längen oder lineare Strecken. Folglich kommt hierbei die Einheit des Längenmaasses in Betracht.

Gehen wir vom Zollmaass aus, so kann nur diejenige Linse uns den Werth der Einheit liefern, deren Hautbrennweite einen Zoll beträgt.

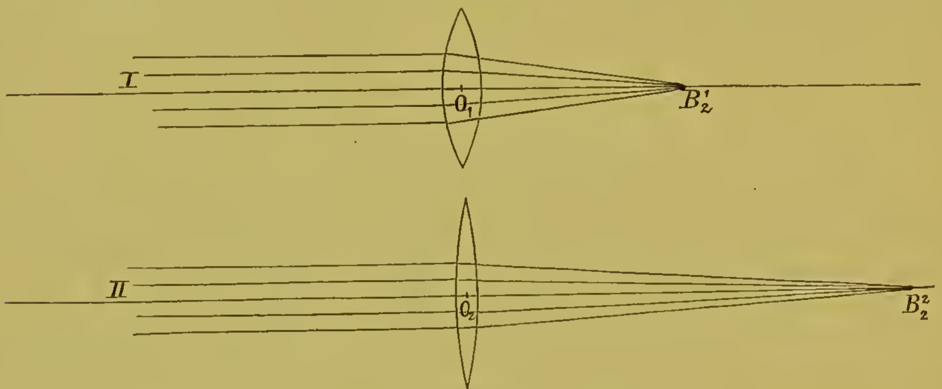


Fig. 34.

Lässt man ein paralleles Strahlenbündel, das gewissermassen als Prüfungsmittel benützt wird, auf eine solche Linse fallen (Fig. 34, I), so wird dasselbe einen Zoll hinter der Linse in einen Brennpunkt (B_2^1) vereinigt. Vergleichen wir mit dieser ersten Linse eine zweite von zwei Zoll Brennweite (Fig. 34, II), so wird bei letzterer das parallel der Hauptsache einfallende Strahlenbündel erst zwei Zoll, d. h. $2 \times 1''$, hinter der Linse vereinigt: mit anderen Worten, das parallele Strahlenbündel wird weniger rasch convergent gemacht, weniger rasch abgelenkt oder gebrochen. Man kann somit die Brechkraft[2]) (Refraction, R) einer Linse umgekehrt proportional ihrer Brennweite setzen. $R = \frac{1}{F}$.

1) Vgl. Priestley, Gesch. d. Opt., Wilde Gesch. d. Opt., Poggendorff, Gesch. der Physik, Anagnostakis περὶ τῆς ὀπτικῆς τῶν ἀρχαίων (Athen 1878), Horner über Brillen (Zürich 1885), Stilling, Entstehung der Kurzsichtigkeit, 1887.

2) Diese Betrachtungsweise rührt von Herschel her. (On ligt 243, a. 1826. Vgl. auch Coddington, Opticks, I. 95.)

Bis vor Kurzem wurden alle Brillengläser nach dem Zollmaass eingetheilt und angeblich nach der Brennweite benannt. Die Linse + 2″, die dickste der Sammlung[1]), sollte diejenige bedeuten, deren Brennweite zwei Zoll beträgt. Die Linse + 80″, die dünnste der Sammlung, sollte diejenige bedeuten, deren Brennweite + 80″ beträgt.

Betrachtet man bei Annahme des Zollmaasses naturgemäss die Linse von 1 Zoll Brennweite als Einheit, d. h. setzt man deren Brechkraft $R_1 = 1$; so ist die Brechkraft einer Linse von 2 Zoll Brennweite $R_2 = \frac{1}{2}$ und die Brechkraft einer Linse von 40 Zoll Brennweite $R_{40} = \frac{1}{40}$ der gewählten Einheit.

Es ist durchaus nöthig, diese richtige Schreibweise immer anzuwenden, da bei der Zusammensetzung von zwei Gläsern, welche wir in der praktischen Dioptrik des Auges so vielfach brauchen, eben die Brechkräfte und nicht die Brennweiten sich addiren.

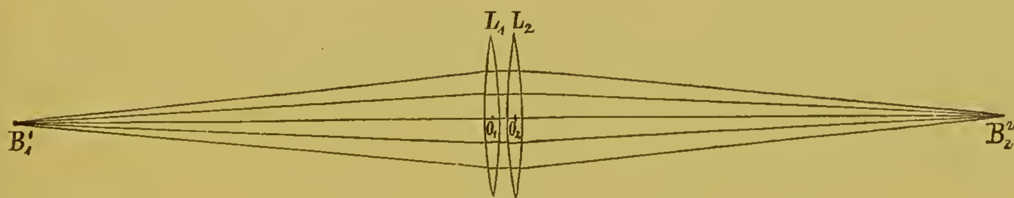


Fig. 35.

Nehmen wir zwei dünne Linsen L_1 und L_2, (L_1 von der Brennweite F_1 und L_2 von der Brennweite F_2) und bringen sie sehr nahe aneinander auf der nämlichen Hauptachse an; so wird dadurch ein zusammengesetztes System erzeugt, dessen Hauptbrennweite Φ zu bestimmen ist.[2])

Soll für das zusammengesetzte System $(L_1\ L_2)$ diejenige Grösse Φ gefunden werden, welche analog ist der Hauptbrennweite F einer gewöhnlichen Sammellinse; so hat man, mit Rücksicht auf die für die einfache Sammellinse geltende Gleichung $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$, jetzt

---

1) Die vollständigen Brillenkasten pflegen die folgenden Nummern, von jeder ein Paar convexe und ein Paar concave, zu enthalten: 80, 50, 40, 36, 30, 24, 22, 20, 18, 16, 14, 12, 11, 10, 9, 8, 7, 6, 5, $4^1/_2$, 4, $3^1/_2$, 3, $2^1/_2$, 2. (Die Linse 1, die nicht gebraucht wird, ist nicht vorhanden.)

Hiervon sind allenfalls 80, 36, 22, 18 entbehrlich; dagegen für die Prüfung von Star-Operirten noch + $3^3/_4$, $3^1/_4$, $2^3/_4$, $2^1/_4$ wünschenswerth.

2) Wir müssen hierbei genau so verfahren, wie in der gemeinen Algebra: diejenige Begriffsbestimmung, welche für den einfachen Fall Geltung besitzt, auf den zusammengesetzten anwenden.

für das *zusammengesetzte* System zwei beliebige, zu einander gehörige Bildpunkte zu suchen, und deren Entfernung von dem Mittelpunkt des Systems zu bestimmen. Zu diesem Behufe wollen wir ein Strahlenbündel betrachten, welches in der Mitte zwischen den beiden Linsen des Systems parallel zur Hauptsache verläuft. Dasselbe muss vom ersten Hauptbrennpunkte B_1^1 der ersten Linse ausgehen, und nach dem zweiten Hauptbrennpunkte B_2^2 der zweiten Linse hingehen. (Vgl S. 88). Diese beiden Punkte B_1^1 und B_2^2 sind also offenbar zwei zusammengehörige Bildpunkte des Systems. B_1^1 steht vom Mittelpunkt der ersten Linse ab um F_1; B_2^2 vom Mittelpunkt der zweiten um F_2; es ist also $\frac{1}{\Phi} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$.[1])

Stehen zwei Convexlinsen von je 40″ Brennweite dicht hintereinander auf der nämlichen Hauptachse, so hat das daraus zusammengesetzte System die Brechkraft $\frac{1}{40} + \frac{1}{40} = \frac{1}{20}$; die Brennweite des Systems ist gleich 20″. Steht eine Sammellinse von 40″ Brennweite und eine von 20″ Brennweite dicht hintereinander auf der nämlichen Hauptachse, so ist die Brechkraft des daraus zusammengesetzten Systems $\frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{1}{13}$; die Brennweite dieses Systems ist gleich 13″.

Steht endlich eine Sammellinse von 40″ Brennweite und eine

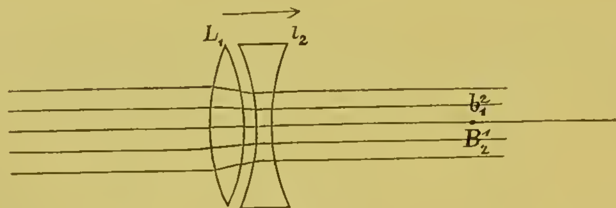


Fig. 36.

Ein paralles Strahlenbündel fällt auf die Sammel-Linse L_1, deren zweiter Hauptbrennpunkt in B_2^1 liegt, woselbst auch der erste Hauptzerstreuungspunkt b_1^2 der concaven Linse l_2 liegt. Ein Strahlen-Bündel, das nach dem hiuter der Concavlinse gelegenen Hauptzerstreuungspunkte hinzielt, wird durch die zerstreuende Wirkung der Linse wieder in ein der Hauptachse paralleles umgewandelt.

Zerstreuungslinse von 40″ Zerstreuungsweite dicht hintereinander auf der nämlichen Hauptachse, so ist die Brechkraft des daraus zusammen-

1) Man könnte nur fragen, von welchem *Punkte* ab Φ zu rechnen sei. *Ist das System aber sehr dünn*, $O_1 O_2$ sehr klein gegen Φ; so scheint dies unerheblich: jedenfalls wird optischer Mittelpunkt des Systems ein Punkt Ω zwischen O_1 und O_2, für welchen $O_1 \Omega : \Omega O_2 = F_1 : F_2$.

gesetzten Systems $\frac{1}{40} - \frac{1}{40} = 0$, also $= \frac{1}{\infty}$, die Brennweite gleich ∞, die Ablenkung der Strahlen unmerklich.

Die beiden Gläser $+ \frac{1}{40}$ und $- \frac{1}{40}$ heben einander vollständig auf. Ist aber die Brechkraft des Zerstreuungsglases, absolut genommen, nicht genau gleich der Brechkraft des Sammelglases; so ist auch die Ausgleichung nur eine theilweise.

Nun hat man neuerdings, seit etlichen Jahren, begonnen, auf dem Gebiete der Brillenlehre das Zollmaass zu verabscheuen.

Es ist ja richtig, dass der Zoll ursprünglich den zwölften Theil der Länge des menschlichen Fusses (oder auch die Länge des menschlichen Daumens, richtiger des Daumen-Endgliedes)[1]) bedeutet und in den verschiedenen Ländern verschiedene Werthe besitzt, wie ja auch einzelne Völker namentlich ihren Frauen eine besondere Kürze des Fusses nachzurühmen lieben.

Hingegen ist der Meter von einer unveränderlichen Grösse, der des Erdballes, abgeleitet. Der Meter ist ja der zehnmillionste Theil eines Viertels des Erdmeridians, also $\frac{1}{10\,000\,000}$ des Erdquadranten. Der tausendste Theil eines solchen Meters ist der Millimeter. Der altfranzösische (pariser) Zoll hat 27 Millimeter, der preussische Zoll etwas über 26 Millimeter, der englische Zoll $25\frac{1}{2}$ Millimeter.

Aber so sehr bedeutend sind diese Unterschiede in der Praxis der Brillenwahl denn doch nicht, wie man sehr leicht ermessen kann. Stärkere Gläser als + 2 Zoll werden kaum verordnet; 2 pariser Zoll sind 54 Millimeter, 2 englische Zoll sind 51 Millimeter.

Der Unterschied beträgt also im allerungünstigsten Falle 3 Millimeter oder weniger als $6^0/_0$ der in Betracht kommende Grösse. ($54 - 51 = 3$; $\frac{3}{51} = \frac{6}{100}$ ungefähr.)

Meist ist aber der procentarische Werth des Unterschiedes beträchtlich geringer und ganz zu vernachlässigen.[2]) Ich verordnete einem ältlichen Herrn als bestes Glas in preussischem Zollmaass für das eine Auge $+ \frac{1}{10}''$ und $+ \frac{1}{14}''$ für das andere Auge. Der Mann, welcher die Hälfte des Jahres in England lebt, liess dort von

---

1) Zoll, lat. *pollex* = Daumen. Der Daumen ist aber 2″ lang, jedes Glied desselben = 1″! Die grosse Zehe des Fusses ist noch länger.

2) Vergl. Mauthner, Vorles. I, S. 269.

Neuem seine Brille bestimmen; er erhielt für das erste Auge + $^1/_{40}''$ und für das zweite Auge + $^1/_{14}''$ in — englischem Zollmaass. Man begreift, dass der Unterschied nicht gross sein kann zwischen einem Glase von 1020 Millimeter[1]) und einem von 1040 Millimeter Brennweite; der Unterschied beträgt weniger als 2 % der in Betracht kommenden Grösse, während sehr gute Physiker, bei Abmessung von verschiedenen Helligkeitsgraden mit blossem Auge, Beobachtungsfehler bis zu 5 % der zu messenden Grösse willig zugestehen.

Aber trotzdem könnte nicht viel dagegen eingewendet werden, wenn man die Brillengläser fürderhin nach dem Metermaass eintheilen wollte, da dann jeder Unterschied nach den Ländern entfiele.

a) Zu diesem Behufe könnte man den Millimeter zur Maasseinheit wählen. Dann würde die Brechkraft der Linse von 1 Millimeter Brennweite die Einheit darstellen. In der That ist diese Bezeichnungsweise schon lange üblich in der wissenschaftlichen Optik; wir werden davon auch in der theoretischen Dioptrik des Auges Gebrauch zu machen haben.

Aber für die praktische Brillenbestimmung wäre dies weniger bequem, weil man dann diejenigen Gläser, welche am häufigsten verordnet werden, nämlich die schwächsten des Brillenkastens, mit zu grossen Ziffern zu schreiben hätte. Es wäre z. B. $^1/_{40}$ in Zollmaass gleich $^1/_{1040}$ in Millimetermaass.

b) Praktischer wäre schon die Bezeichnung der Brillengläser nach Centimetern; $^1/_{40}$ in Zollmaass wäre $^1/_{100}$ in Centimetermaass, wie denn überhaupt mit einer auf diesem Gebiet ausreichenden Genauigkeit $1'' = 2{\cdot}5$ Cm.

c) Man hat jedoch die Reform des Brillenkastens in einer anderen Weise durchzuführen gesucht; man hat die Brechkraft der Linse von 1 Meter Brennweite zur Einheit gewählt und Dioptrie genannt.[2]) Von Nagel[3]) ist die Idee, von Monoyer der Name, von Donders die Einführung, von Hasner, Mauthner[4]) und mir der Widerspruch.

Danach werden die häufiger gebrauchten, dünneren oder schwächeren Gläser mit kleineren Zahlen; die seltener verordneten, stärkeren Gläser mit grösseren Zahlen geschrieben.

---

1) $40 \times 25{\cdot}5 = 1020.$
$40 \times 26 = 1040.$

2) Es heisst eigentlich ἡ διοπτρεία das Visiren.

3) Nagel gebraucht den Namen Meterlinse (Ml.).

4) Vorles. I. Bd.

Goldene Berge hat man sich von der Einführung der Dioptrie versprochen. Die Vereinfachung der Rechnungen auf dem Gebiet der praktischen Brillenwahl ist aber nur eine scheinbare, die durch anderweitige Erschwerungen erkauft werden muss. Vor Allem sind aber in zahlreichen Veröffentlichungen über die Dioptrie aus den letzten Jahren, ganz abgesehen von unangenehmen Weitschweifigkeiten, sogar nicht unerhebliche Fehler anzutreffen, selbst in den neueren Auflagen mancher Lehrbücher der Augenheilkunde.

Man hat gewöhnlich, weil ja ein Meter = 37 pariser Zoll, das Glas von + 37 oder + 36 der alten Bezeichnungsweise für die Dioptrie ausgegeben.

Diese Gleichsetzung beruht auf einem optischen Irrthum. Ich erwähnte vorher schon, dass die alte Bezeichnungsweise der geschliffenen Linsen nur nominell nach der Brennweite F gemacht wurde. In Wirklichkeit vermerkten die Brillenschleifer auf jedem Glas mit dem Diamantstift nur den in Zollmaass ausgedrückten Halbmesser r der Schleifschale, auf welcher das betreffende Glas geschliffen wurde. Allerdings wäre r identisch mit F unter der Voraussetzung, dass der Brechungsindex n des Brillenglases gleich $\frac{3}{2}$.

Denn die Formel, welche die Beziehung zwischen den Radien des Brillenglases und seiner Brennweite regelt, lautet $\frac{1}{F} = (n - 1)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$[1] oder wenn, wie bei den gewöhnlichen ebenmässigen Brillengläsern, beide Flächen gleich gekrümmt sind, $\frac{1}{F} = (n - 1) \times \frac{2}{r}$. Also wenn $n = \frac{3}{2}$ gesetzt würde, ist

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{r} = \frac{1}{r}, \text{ d. h. } F = r.$$

In der That war aber jene Voraussetzung nicht richtig.

Der Brechungsindex des deutschen (Rathenower) Brillenglases ist, soweit von Gleichmässigkeit hierbei die Rede sein kann, gleich 1·528 für die hellsten Strahlen des Spectrum, in der Gegend der Fraunhofer'schen Linie D, mit denen wir hauptsächlich beim Sehen unsere Netzhautbilder gewinnen. Folglich ist.

$$\frac{1}{F} = 0{\cdot}528 \times \frac{2}{r},$$

1) Vgl. den Anhang am Schluss dieses Hauptstückes.

$$\frac{1}{F} = \frac{1{\cdot}05}{r},$$
$$r = 1{\cdot}05\ F.$$

Ist die Brennweite des mit dem Namen der Dioptrie bezeichneten Glases gleich einem Meter = 38·2 preussischen Zollen; so war der Radius der für diese Convexlinse benützten Schleifschale 38·2 $\times$ 1·05 = 40·110 oder 40 Zoll.[1])

Das der Dioptrie entsprechende Glas der alten Bezeichnung ist 40. Um altes Maass (a) in neues (n) zu verwandeln oder umgekehrt, gilt die einfache Formel; 1) $a \times n = 40$[2]); oder $a = \frac{40}{n}$: oder $n = \frac{40}{a}$.

Das französische Brillenglas ist schwerer und vom Index $n = 1{\cdot}53$, dafür der französische Zoll etwas länger. Für die Franzosen gilt $\frac{1}{F} = \frac{2 \times 0{\cdot}53}{r} = \frac{1{\cdot}06}{r}$, also $r = 1{\cdot}06\ F$. Der Meter ist gleich 37 französischen Zollen, 1·06 $\times$ 37 = r = 39·22; so dass auch die Franzosen der Wahrheit am nächsten kommen, wenn sie die Dioptrie gleich ihrem Glas 40 nach alter Bezeichnung setzen.

Die Wahrheit ist an sich besser, als der Irrthum; aber zufällig ist sie auf diesem Gebiete auch das einfachere und erspart uns zahlreiche Brüche in den Umrechnungstafeln.[2])

Denn nach dem Gesagten ist einfach:

Zollmaass	Dioptrien	Dioptrien	Zollmaass
80	0·5	0·5	80
60	0·75	0·75	60
40	1·0	1·0	40
36	1·1		
30	1·3 (1·25)	1·25	30
24	1·6 (1·5)	1·5	24
22	1.75	1·75	22
20	2	2	20

1) Vergl. Hirschberg, Centralbl. f. pr. Augenheilk. 1877, S. 202 und Fortschr. d. Physik, XXXI, S. 497.

2) Man vergl. mit unserer Tabelle die von Snellen (Optotypi, 1879): $1\ D = \frac{1}{37}$, $2\ D = \frac{1}{18^1/_2}$; $3\ D = \frac{1}{12^1/_3}$; $4\ D = \frac{1}{9^1/_4}$ u. s. f. — Der Optiker Fritsch in Wien nimmt 0.25 D zur Einheit (= 1 Monic), um Brüche in der Reihe zu vermeiden.

Zollmaass	Dioptrien	Dioptrien	Zollmaass
18	2·25		
16	2·5	2·5	16
14	2·75		
13	3	3	13
12	3·3 (3·25)		
11	3·6 (3·5)	3·5	11
10	4	4	10
9	4·4 (4·5)	4·5	9
8	5	5	8
7	5·6 (5·5)		
6½	6	6	6½
6	6·6 (6·5)		
5½	7	7	5½
5	8	8	5
4½	9	9	4½
4	10	10	4
3¾	10·7 (10·75)		
3½	11·4 (11·5)	11	3½
3¼	12·3 (12·25)	12	3¼
3	13	13	3
2¾	14·5 (15)	15	2¾
2½	16		
2¼	17		
2	20	20	2
1½	27		
1¼	30	30	1¼
1	40	40	1

Aus der zweiten Tabelle ersieht man, dass die gebräuchlichen Gläser der Dioptrienreihe unter anderer Bezeichnung in der Zollreihe enthalten sind. Der praktische Arzt braucht sich wahrlich nicht um die müssige Frage zu kümmern, ob die Brillenschleifer der Reform zuliebe ihre alten Schleifschalen verworfen und neue nach Metermaass eingerichtet haben; jedenfalls braucht er keinen „metrischen Brillenkasten“: er kann in einem Brillenkasten mit Zollbezeichnung neben den alten Zahlen die neuen verzeichnen.[1])

1) Mauthner (Vorles. I, pag. 277) ist der Ansicht, dass den Brillenhändlern die Reform des Brillenkastens weniger Mühe gemacht hat, als den Augenärzten.

Da eine Reihe von Lehrbüchern im Dioptrienstyl geschrieben ist; ja da über den Begriff der Dioptrie sehr viele Zeitschriftsabhandlungen, besondere Schriftchen, selbst dicke Bücher verfasst sind; da viele, ja die meisten Brillenkasten und Augenspiegel nach dieser Weise bezeichnet werden: so konnte ich nicht umhin, diesen Gegenstand abzuhandeln. Ich ersuche aber den wissenschaftlichen Arzt, sich für beide Sättel gerecht zu halten, und es nicht für ein Unglück anzusehen, wenn einmal zwei einfache Brüche behufs der Brillenwahl zu addiren sind. Dies sollte ja nach Ansicht Vieler der Vortheil der Dioptrienreihe sein, dass die Bruchrechnungen vermieden werden.[1])

α) Ein Star-Operirter brauche, wie das einfache Aussuchen gelehrt hat, das Glas + 10 *D* zum Fernsehen. Wir wollen ihm, da er keine Accommodation für die Nähe besitzt, durch ein Hilfsglas von 6 *D* seine Accommodation ersetzen, d. h. ihn zum Lesen von Druckschrift befähigen. Welches ist sein Leseglas? 10 + 6 *D* = 16 *D*.

β) Der Star-Operirte braucht zum Fernsehen das Sammelglas von

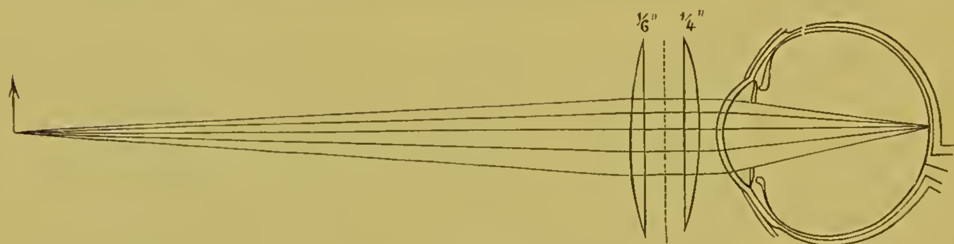


Fig. 38.

1) Und ich will nicht leugnen, dass man ja hie und da vielleicht ein wenig schneller rechnet. Wer aber Mauthner's Beispiel $\frac{1}{60} + \frac{1}{36}$ rasch im Kopf erledigen will, ersetzt es durch $\frac{1}{60} + \frac{1}{30}$ und findet sofort annähernd $\frac{1}{20}$. $\left(\text{Genau } \frac{1}{22.5}.\right)$

Ein ausgezeichneter Fachgenosse behauptet, dass, wenn ein Myop von $\frac{1}{3^3/_4}''$ eine Brille für 10″ Entfernung erhalten sollte, man rechnen müsste
$$\frac{1}{3^3/_4} + \frac{1}{x} = \frac{1}{10};\ \frac{1}{x} = \frac{1}{10} - \frac{1}{3^3/_4} = \frac{1}{10} - \frac{1}{^{15}/_4} = \frac{15-40}{150} = -\frac{25}{150} = -\frac{1}{6}!$$
Ich rechne, nach dem bekannten Muster des witzigen Schülers, $-\frac{1}{4} + \frac{1}{10} = -\frac{6}{40} = -\frac{1}{7}$. (Ungefähr.) Doch habe ich durchaus nichts dagegen, wenn Jemand Javal's *Règle à calcul*, Snellen's Dioptrienmaass, H. Cohn's Dioptrienlineal benutzen möchte, um diese Rechnungen zu ersparen.

der Brechkraft $\frac{1''}{4}$; damit vermag er parallel einfallende Strahlenbündel auf seiner Netzhaut zu punktförmigen Bildern zu vereinigen. Soll er in 6 Zoll Entfernung lesen; so braucht er noch dazu ein Glas, welches die aus der Entfernung von 6 Zoll ausfahrenden Strahlenbündel parallel macht, d. i. $\frac{1''}{6}$. Er braucht also zum Lesen das Glas

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{6} = \frac{10}{24} = \frac{1}{2^1/_2}.$$ [1]

Schwierig sollte die letztere Rechnung wissenschaftlichen Aerzten nicht vorkommen. Anschaulicher ist sie jedenfalls, da sie weniger das Gedächtniss belastet, als die Ueberlegung in Anspruch nimmt. Ausserdem nützlicher, namentlich vielseitiger, da man genau ebenso rechnet $\frac{1}{4} + \frac{1}{8}$ oder $\frac{1}{4} + \frac{1}{12}$ u. s. f.: je nachdem das Buch in 8 oder 12 Zoll Entfernung gehalten wird.

Anm. Man hat bei der Dioptrienrechnung die Gleichung 1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$ umgewandelt in 2) $F' = f' + f''$.

Der wahre Unterschied zwischen Gleichung 1 und 2 ist der, dass man aus einer Gleichung zweiten Grades durch Fortlassen des einen Factors eine Gleichung ersten Grades übrig gelassen hat, z. B. $(x—a) = 0$, aus $(x—a)(x—b) = 0$. Beziehen wir die zusammengehörigen Vereinigungsweiten auf die Brennpunkte, so wird aus 1 bekanntlich 1 a) $\varphi_1 \varphi_2 = FF$. Suchen wir diejenigen Punktpaare, für welche $\varphi_1 = \varphi_2$; so folgt aus $FF - \varphi_1 \varphi_1 = o$ sofort $\varphi_1 = \pm \sqrt{FF} = \pm F$: d. h. es giebt zwei derartige Punktpaare; ein Ergebniss, das in Gleichung 2 nicht mehr enthalten ist. Denn die Bedingung $f_1 = f_2$ giebt $f' = f''$ oder $F' = 2f'$, d. h. $f_1 = 2F$: man erhält nur das eine Punktpaar.

3. Dioptrik des Auges.

Im menschlichen Auge findet eine ganze Reihe von Lichtbrechungen statt; man kann dieselben ersetzt denken durch zwei Hauptbrechungen: 1. an der Hornhaut, 2. an der Crystall-Linse.

Ich habe diese beiden Brechungen zu erläutern und anzugeben: I. die Thatsachen, II. den Experimentalbeweis ihrer Richtigkeit, III. die elementar-mathematische Ableitung. (Die letztere werde ich aber, nach Galen's weisem Vorgang, an den Schluss der Abhandlung versetzen.)

---

[1] $\frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$.

Der Deutlichkeit wegen ist in der Figur 38 der Gegenstand drei Zoll, nicht sechs Zoll, vom Auge entfernt.

I. In einem mittleren, normalsichtigen Menschenauge hat die Hornhaut einen mittleren Krümmungshalbmesser von etwa 7·7 Mm. und vereinigt ein von einem sehr fernen Lichtpunkte herkommendes, nahezu parallel einfallendes Strahlenbündel etwa 30 Mm. (etwas mehr als 1 Zoll) hinter ihrer Vorderfläche, also ungefähr 6 Mm. hinter der Netzhaut, da die Länge des mittleren, normalsichtigen Auges etwa 24 Mm. beträgt. (Fig. 39, A.)



Fig. 39.

Damit das parallel einfallende Strahlenbündel, welches in Folge der Brechung an der Hornhaut convergirend durch das Kammerwasser zieht, nicht hinter, sondern genau auf der Netzhaut zu einem punktförmigen Bilde vereinigt werde, ist noch ein zweiter, lichtsammelnder Apparat erforderlich. Dieser wird von der Crystall-Linse gebildet. Die letztere hat, wenn sie ihre flachste Form angenommen, d. h. wenn der Ciliarmuskel erschlafft, das normalsichtige Auge für seinen fernsten Punkt eingestellt ist, eine Brennweite von nahezu 60 Mm., oder mehr als 2 Zoll. Dies genügt, da ihr optischer Mittelpunkt 6 Mm. hinter der Hornhaut liegt, um das schon convergirend durch das Kammerwasser ziehende Strahlenbündel rascher convergent zu machen, so dass es genau in der Netzhaut zu einem punktförmigen Bilde vereinigt wird.[1] (Fig. 39, B.)

Besondere Beachtung verdient die Thatsache, dass die Hornhaut das wichtigere Objectiv des fernsehenden Auges

---

1) $\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F}$; $-\frac{1}{24} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{60}$; $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{60} + \frac{1}{24} = \frac{24+60}{1440}$; $f_2 = \frac{1440}{84}$ $= 17.$

darstellt; sie leistet $^2/_3$, die Linse nur $^1/_3$ der nöthigen Brechkraft, beim Fernsehen des normalsichtigen Auges. Denn es ist $\frac{1}{30} = 2 \times \frac{1}{60}$.

Daher ist leicht zu verstehen, wie schon geringe Unregelmässigkeiten der Hornhaut im Pupillenbereich sehr störend auf die Sehkraft, besonders beim Fernsehen, einwirken müssen. (Weit mehr als geringe Unregelmässigkeiten der Crystall-Linse.)

II. Um von den beiden Hauptwerthen der Lichtbrechung im Auge eine erfahrungsmässige Ueberzeugung zu gewinnen, schalten wir einfach den einen der beiden Bestandtheile aus; dann haben wir den Werth des anderen.

A. Die Hornhautbrechung wird ausgeschaltet, indem man das Auge unter Wasser taucht. Die Hornhautkrümmung trennt dann nicht mehr, wie bei dem in Luft befindlichen Auge, zwei optisch verschiedene Mittel; sondern sie befindet sich zwischen zwei in optischer Hinsicht gleichwerthigen Mitteln. Lichtbrechung muss jetzt aufhören, denn sie bedeutet ja Änderung der Lichtgeschwindigkeit beim Uebergang des Lichtes aus einem Mittel in ein anderes, das von ersterem optisch verschieden ist.

Ein Auge, welches mit guter Fernsicht begabt, d. h. in Luft für parallele Strahlenbündel eingestellt ist, vermag unter Wasser nicht mehr gut in die Ferne zu sehen, wenn das Wasser auch noch so klar ist; das parallel einfallende Strahlenbündel wird jetzt von der Hornhaut nicht gebrochen, gelangt also in paralleler Richtung auf die Crystall-Linse, welche das Bündel nach einem 60 Mm. dahinter, also erst 43 Mm. hinter der Netzhaut belegenen Punkte vereinigt. Auf der Netzhaut entsteht ein grosser, lichtschwacher Zerstreuungskreis des fernen Lichtpunktes. (*F G*, Fig. 40.)

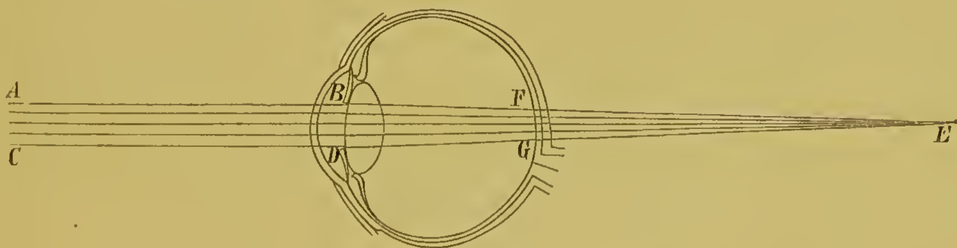


Fig. 40.

Soll das in der Luft fernsichtige Auge, auch unter Wasser getaucht, wieder gut in die Ferne sehen, so muss es, wie der Versuch zeigt, den Ausfall der Hornhautbrechung ersetzt bekommen: man muss ihm eine Sammellinse vorhalten, der in Wasser eine Brennweite von nahezu $1^1/_2$ Zoll zukommt.

Eine gewöhnliche Glaslinse von $^1/_2$ Zoll Brennweite erlangt unter Wasser eine Brennweite von etwa $1^1/_2$ Zoll.*)

Sowie man aber, mit dieser Linse bewaffnet, wieder in die Luft emportaucht, ist Fernsicht unmöglich. Die Fernpunktsebene ist dicht vor dem Auge, in $\frac{1}{2}$" Entfernung, festgebannt, ähnlich wie bei einem in Luft emporgetauchten Fischauge.

Eine gute Taucherlinse, welche das Umhersehen nicht stört, wenn man zum Luftschöpfen den Kopf aus dem Wasser hebt, verfertigt man einfach aus jenen alterthümlichen, stark gekrümmten Uhrgläsern, die von einer Hohlglaskugel von etwa $2^1/_2$ Zoll Durchmesser, also $^5/_4$ Zoll Halbmesser, entnommen und durch eine passende Fassung zu einer biconcaven, mit Luft gefüllten Linse vereinigt werden. Dieser kommt in Luft eine neutrale Wirkung zu, wie einer doppelten Schutzbrille; in Wasser aber erlangt sie eine positive Brennweite von $1^1/_2$ Zoll.

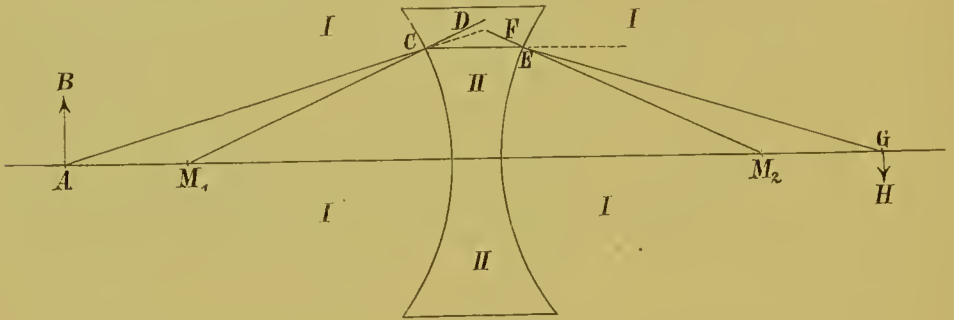


Fig. 41.

Fig. 41. Wirkung der Taucherlinse, unter Wasser. I Wasser, II Luft. AB sei ein lichtaussendender Gegenstand unter Wasser; AC ein Lichtstrahl. M_1CD ist das Einfallsloth in C. CE ist der gebrochene Strahl. Der Brechungswinkel DCE

*) $\frac{1}{F} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$. Für Glaslinsen in Luft ist $\frac{n_2 - n_1}{n_1} = 1{\cdot}5 - 1 = \frac{1}{2}$.

Für Glaslinsen in Wasser ist $\frac{n_2 - n_1}{n_1} = \frac{1{\cdot}5 - 1{\cdot}3}{1{\cdot}3} = 0{\cdot}153 = \frac{1}{6}$. Es verhält sich also die Brennweite der Glaslinse in Luft F_l zur Brennweite derselben Glaslinse in Wasser F_w folgendermassen. $F_l : F_w = 2:6 = 1:3$.

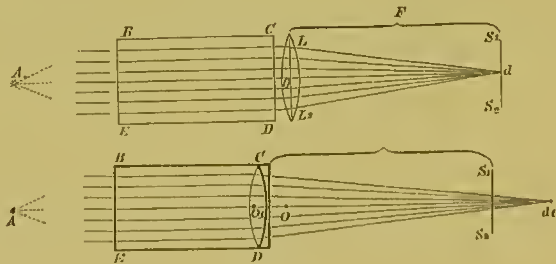


Fig. 42.

Da auf diesem Gebiete in ärztlichen Schriften irrthümliche Angaben verzeichnet sind, so wollen wir bei dieser Gelegenheit noch ein einfaches Beispiel betrachten. Ein

muss grösser sein, als der Einfallswinkel ACM_1, da das Licht aus Wasser in Luft eindringt. Der Strahl CE wird bei E zum zweiten Mal gebrochen. $M_2\,E\,F$ ist das Einfallsloth. Der Brechungswinkel $G\,E\,M_2$ muss kleiner sein als der Einfallswinkel $F\,E\,C$, da das Licht jetzt aus Luft in Wasser austritt. G ist Bildpunkt von A; $G\,H$ Bild von $A\,B$.

$$\frac{1}{F} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$ wird für unsere Taucherlinse

$$\frac{1}{F} = \frac{1-\frac{4}{3}}{\frac{4}{3}}\left(\frac{-5}{4} + \frac{-5}{4}\right) = \left(\frac{3-4}{4}\right) \times \left(\frac{-10}{4}\right) = +\frac{10}{16};\ F = \frac{16}{10} = 1\tfrac{1}{2}''.$$

Die Ersatzlinse für die ausgeschaltete Hornhaut hat eine Brennweite, die nicht genau gleich 30 Mm. oder $1^1/_8''$, sondern etwas länger ist, weil die Ersatzlinse eben nicht an den Ort der Hornhaut gebracht wird, sondern etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll vor derselben; also um diese Grösse weiter ab von der Netzhaut entfernt bleibt.

B. Die Ausschaltung der Crystall-Linse geschieht sehr häufig, namentlich durch operative Entfernung der trüb gewordenen Crystall-Linse. Die Erfahrung lehrt, dass ein fernsichtiges Auge, wenn es starblind geworden und dann mit Erfolg operirt ist, eine convexe Glaslinse von etwa 3—$3^1/_2$ Zoll Brennweite aufsetzen muss, um deutlich in die Ferne zu sehen. Auch hier darf man sich nicht wundern, dass die Ersatzlinse eine etwas längere Brennweite besitzt, als die ersetzte Crystall-Linse, da die erstere nicht an den Ort der letzteren gebracht werden kann, sondern mindestens $^1/_2$ Zoll davor steht, also um diese Grösse weiter von der Netzhaut entfernt bleibt.

Wenn man jetzt die Wirkung der Hornhaut und die der Crystall-Linse (nach S. 96) vereinigen wollte, so erhielte man für die Gesammtwirkung des Auges, in Millimeter-Mass,

---

planparalleler Glaskasten $B\,C\,D\,E$, mit Wasser gefüllt, sei aufgestellt in der Entfernung $O\,d$ vor einem lichtauffangenden Schirm $S_1\,S_2$. (Fig. 42.) Von einem sehr fernen Lichtpunkt A komme ein Strahlenbündel, welches parallel auf den Glaskasten fällt, in paralleler Richtung ungebrochen denselben durchsetzt und auf die (in Luft befindliche) Convexlinse $L_1\,L_2$ fällt. Soll ein scharfes Bild von A in d entworfen werden, so muss die Brennweite der Linse $F = Od$ sein. Nunmehr werde die Linse in den Glaskasten eingesetzt. Es sei die Entfernung $O\,O'$, der Abstand der beiden Lagen ihres Knotenpunktes, sehr klein gegen Od, ihre Brennweite in Luft. Nichtsdestoweniger wird jetzt in d nicht mehr ein scharfes Bild von A, sondern ein grosser Zerstreuungskreis zu Stande kommen. Denn in Wasser ist die Brennweite der Linse beträchtlich länger als in der Luft, im Verhältniss von 6 : 2.

Wählen wir eine Sammellinse L, welche vor der Hornhaut, in Luft befindlich, das Auge corrigirt. Denken wir uns jetzt dieselbe Sammellinse L hinter der Hornhaut im Kammerwasser angebracht; so würde sie nicht mehr corrigiren, sondern müsste einen beträchtlich (etwa im Verhältniss von 1:3) kürzeren Krümmungsradius erhalten, um die Correction aufrecht zu erhalten.

$$\text{a)}\ \frac{1}{F_c} + \frac{1}{F_l} = \frac{1}{30} + \frac{1}{60} = \frac{2}{60} + \frac{1}{60} = \frac{1}{20}.$$

Betrachtet man aber mit dem Augenspiegel das aufrechte Bild der Netzhaut, so hängt die Vergrösserung des Bildes ab von der Lupenwirkung des untersuchten Auges. Man kann das Bild des Sehnerveneintritts, der thatsächlich 1·5 Mm. hoch ist, auf ein hinter dem Kopf des Untersuchten, 216 Mm. vom Knotenpunkt seines Auges, angebrachtes Gitternetz projiciren und findet dabei die Vergrösserung $v = 14$.

Nun ist $v = \frac{216}{x}$, wo x die Brennweite des aus Hornhaut und Crystall-Linse zusammengesetzten Systems darstellt. (Vgl. S. 92.)

$$\text{b)}\ x = \frac{216}{14} = 15. \text{ (In abgerundeter Zahl.)}$$

Es war auch von vorn herein anzunehmen, dass auf den vorliegenden Fall die einfache Gleichung a) nicht passen würde, da ja erstens die beiden Linsensysteme, der Hornhaut und des Crystallkörpers, nicht dicht bei einander auf derselben Achse stehen; zweitens die Dicke der Crystall-Linse im Verhältniss zu ihrer Brennweite nicht unbeträchtlich ist. (4 : 60). Der Versuch lehrt, dass die Brennweite des brechenden Gesammtsystems vom Auge nicht 20, sondern 15 Mm. beträgt.

4. Refractionszustände.

Wir veranschaulichen also die Gesammtbrechung des für seinen Fernpunkt eingestellten Auges am besten und natürlichsten durch ein Simplum, d. h. durch eine einzelne brechende Kugelfläche oder Hornhaut zwischen Luft von der Brechungszahl 1 und Kammerwasser von der Brechungszahl $\frac{3}{4}$. Der Krümmungshalbmesser dieser Hornhaut beträgt 5 Mm., der Knotenpunkt steht also 5 Mm., die Netzhaut 20 Mm. von der Hornhaut ab; die vordere Hauptbrennweite dieses „schematischen, reducirten" Auges beträgt 15, die hintere 20 Mm.

Dieses Auge wird von sehr fernen Gegenständen Bilder liefern, welche denen des wirklichen, mittleren Normalauges annähernd gleich sind. Dieselbe Bedingung erfüllt ein System, bestehend aus einer kleinen, dünnen Glaslinse in Luft, von 15 Mm. Brennweite, in deren hinterer Hauptbrennebene der lichtauffangende Schirm (Netzhaut) aufgestellt ist. Diejenigen, denen der Begriff des Simplum Schwierigkeiten macht, mögen sich an das

letztgenannte Schema halten, das uns überhaupt für einzelne Fälle nützliche Dienste leistet.

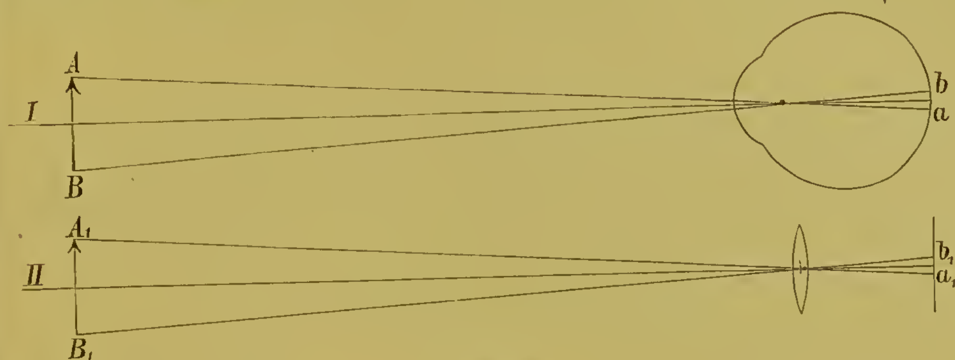


Fig. 43.

Man kann die Grösse des von einem solchen reducirten Auge gelieferten Netzhautbildes sehr bequem im Kopf ausrechnen. Es befinde sich ein lichtaussendender Gegenstand von 1 Meter (= 1000 Mm.) Grösse in 10 Meter (= 10.000 Mm.) Entfernung vom schematischen Auge. Wie gross ist das Netzhautbild?

Bildgrösse *(b)* verhält sich zur Objectgrösse *(O)* wie Bildentfernung *(e)* zur Objectentfernung *(E)*, beide vom Knotenpunkt aus gerechnet.

$$\frac{b}{O} = \frac{e}{E} \text{ oder } b = \frac{15 \times 1000}{10.000} = 1{\cdot}5 \text{ Mm.} = P \text{ (Sehnervenbreite).}$$

Mit Hilfe jenes zweiten Schema's (Fig. 45, S. 110) ist auch sofort ersichtlich, dass drei verschiedene Arten von Augen, die für ihren Fernpunkt eingestellt sind, oder drei Arten von Fernpunktslagen überhaupt gedacht werden können, und alle drei Arten der Refraction kommen erfahrungsgemäss beim Menschen vor.

Es kann nämlich die Netzhaut entweder 1) in der hinteren Hauptbrennebene des brechenden Systems, oder 2) hinter derselben, oder 3) vor derselben sich befinden. Die erste Lage bedingt Normalsichtigkeit (Emmetropie), die zweite Kurzsichtigkeit, die dritte Uebersichtigkeit.

Für die Unterschiede der drei Refractionszustände ist ein algebraischer Ausdruck leicht zu finden.



Fig. 44.

Es sei das für seinen Fernpunkt eingerichtete Auge schematisirt durch eine Glaslinse von 15 Millimeter Brennweite; *N* sei die Netzhaut, *R* der fernste Punkt, für den das Auge eingestellt werden kann; dann gilt immer 1) $\frac{1}{F} = \frac{1}{R} + \frac{1}{N}$, wo

$R = \overline{R\,O}$ den Fernpunktabstand, $N = \overline{O\,N}$ den Netzhautknotenpunktsabstand, F die (1) Hauptbrennweite oder Knotenpunkts-Hauptbrennpunkts-Entfernung des ruhenden dioptrischen Apparates des Auges bedeutet.

Aus 1) folgt 2) $\frac{1}{R} = \frac{1}{F} - \frac{1}{N}$.

$\frac{1}{R}$ hängt nicht unmittelbar oder allein von F, dem Endergebniss der optischen Constanten des Auges, sondern von $\frac{1}{F} - \frac{1}{N}$, d. h. gleichzeitig von der Länge des Auges ab. Theoretisch könnte bei verschiedenem F dieselbe Einstellung und bei demselben F eine sehr verschiedene Einstellung bestehen.

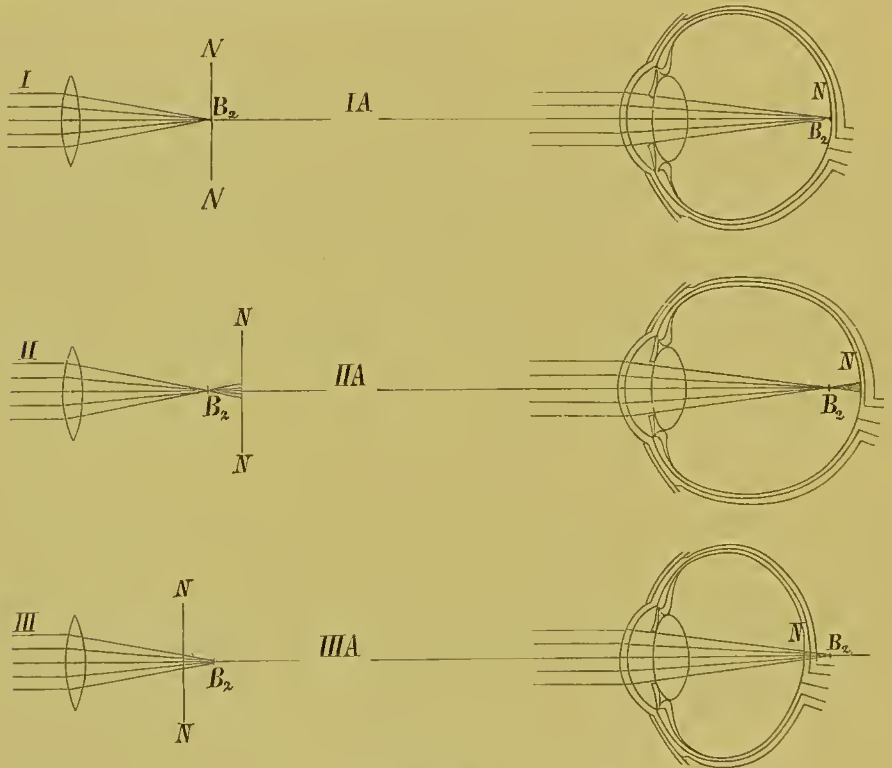


Fig. 45.

I, bezw. *IA* ist das Schema des normalsichtigen (emmetropischen) Auges. Das von einem fernen Punkt ausgehende, nahezu parallel auf das Objectiv des Auges fallende Strahlenbündel wird in der Netzhaut (N) vereinigt, deren Ebene mit der hinteren Hauptbrennebene zusammenfällt. — *II*, bezw. *IIA* ist das Schema des kurzsichtigen Auges. Das parallel einfallende Strahlenbündel wird natürlich in dem hinteren Hauptbrennpunkt (B_2) vereinigt, die Netzhaut N steht hinter B_2; auf N entsteht ein Zerstreuungskreis der überkreuzten Strahlen. Das kurzsichtige Auge ist scheinbar zu schwach brechend, thatsächlich zu lang gebaut. — *III*, bezw. *IIIA* ist das Schema des übersichtigen Auges. Das parallel einfallende Strahlenbündel wird in B_2 vereinigt Die Netzhaut steht vor B_2; auf der Netzhaut entsteht ein Zerstreuungskreis der noch nicht gekreuzten Strahlen. Das übersichtige Auge ist scheinbar zu schwach brechend, thatsächlich zu kurz gebaut.

Thatsächlich werden die verschiedenen Einstellungen erwachsener Menschenaugen hauptsächlich durch Veränderungen von N, bei nahezu gleichbleibendem F, erzeugt.

$\frac{1}{R}$ ist das natürliche Maass der Einstellung.

a) $\frac{1}{R} = o$ bedeutet Normalsichtigkeit (Emmetropie), $F = N$: Knotenpunkts-Hauptbrennpunktsabstand ist gleich Knotenpunkts-Netzhautabstand, die Netzhaut liegt in der hinteren Hauptbrennebene.

b) $\frac{1}{R} > o$ (positiv) bedeutet Kurzsichtigkeit. $\frac{1}{F} > \frac{1}{N}$, $F < N$: der Knotenpunkts — Hauptbrennpunktsabstand ist kleiner als der Knotenpunkts-Netzhautabstand, der zweite Hauptbrennpunkt liegt vor der Netzhaut: die Netzhaut liegt hinter dem zweiten Hauptbrennpunkt.

c) $\frac{1}{R} < o$ (negativ) bedeutet Uebersichtigkeit. $\frac{1}{F} < \frac{1}{N}$; $F > N$: der Knotenpunkts-Hauptbrennpunktsabstand ist grösser als der Knotenpunkts-Netzhautabstand, der zweite Hauptbrennpunkt liegt hinter der Netzhaut; die Netzhaut liegt vor dem zweiten Hauptbrennpunkt.

5. Emmetropie.

Was Ovid poetisch mit den Worten ausgedrückt hat: *Os homini sublime dedit coelumque tueri jussit,* das müssen wir praktisch für das Sehorgan des Menschen[1]) in Anspruch nehmen: wir verlangen von dem normalsichtigen Auge des Menschen, dass es scharfe Netzhautbilder selbst von unendlich fernen Gegenständen, von dem Mond und den Gestirnen, zu erlangen vermöge.

Solche Menschenaugen, deren Netzhaut in der hinteren Hauptbrennebene des Doppelobjectivs (bei abgeflachter Crystall-Linse) sich befindet, vermögen ohne Hilfsgläser sehr ferne Gegenstände deutlich zu sehen, da das von einem jeden Punkte des fernen Gegenstandes ausgehende und wegen der grossen Entfernung des Ausgangspunktes nahezu parallel auf die Hornhaut fallende Strahlenbündel zu einem punktförmigen Bilde in der Netzhaut vereinigt wird.

Durch allmähliche Anspannung ihres Accommodationsmuskels können diese Augen auch auf nähere Entfernungen eingerichtet werden, (falls der Mensch noch nicht altersschwach geworden,) und vermögen somit feine Gegenstände in der Nähe zu sehen, z. B. Druckschriften in 8—12 Zoll (20—30 Ctm.) Entfernung zu lesen.

Diese Augen erfüllen also die Anforderungen, die man berechtigt ist, an ein menschliches Sehorgan zu stellen, in vollkommener Weise

---

1) Aber doch wesentlich nur für den Menschen. Der Frosch glotzt nicht den Sirius an, sondern — hascht Fliegen. Das Froschauge in Luft ist kurzsichtig, wie ich durch Versuch gefunden. Es ist ganz unrichtig, für Frösche und Fische Emmetropie — heraus zu integriren! Natürlich giebt es auch fernsichtige Wirbelthiere, wie z. B. die Vögel und viele grössere Säugethiere.

ohne alle Hilfsgläser und werden deshalb richtig gebaute oder emmetropische Augen genannt.[1])

Die Länge des erwachsenen, menschlichen Emmetropenauges ist etwa 23·8 Mm. von der Hornhautoberfläche bis zur lichtempfindlichen Netzhautschicht. Der Knotenpunkt seines Doppelobjectivs liegt bei der Fernpunktseinstellung etwa 16·5 Mm. vor der Netzhaut.[2])

Die Rechnung zeigt, dass der Begriff der Emmetropie nur ein relativer ist. Im Verhältniss zu dem besonderen dioptrischen Bau eines gegebenen ruhenden Auges muss zwischen der vorderen Hauptbrennweite F_1 (dem Brennpunkts-Knotenpunkts-Abstand) einerseits und dem Knotenpunkts-Netzhautabstand andererseits Gleichheit bestehen, wenn das Auge ein emmetropisches sein soll. Es muss die Netzhautmitte in der hinteren Hauptbrennebene des besondern dioptrischen Apparates belegen sein. Man denke an das kleine Auge der Ratte und an das grosse Auge des Pferdes: die Sehachsenlänge des ersteren beträgt 6 Mm., die des letzteren 43 Mm. Beide Augen könnten nahezu emmetropisch sein, wiewohl ja die Säugethieraugen bei der Augenspiegel-Untersuchung meistens etwas übersichtig erscheinen. Aber entsprechend der kurzen Brennweite f_1 des ersteren muss die Netzhaut auch nur um diese kurze Strecke vom Knotenpunkte abstehen; und entsprechend der langen Brennweite F_1 des zweiten muss hier die Netzhaut auch um diese längere Strecke vom Knotenpunkt abstehen.

Die Erfahrung lehrt nun, dass die emmetropischen Augen erwachsener Menschen nahezu gleich lang sind. Wir haben gute Gründe zu der Annahme, dass der dioptrische Apparat des fernsehenden. ausgewachsenen Emmetropenauges nahezu derselbe ist. Messungen der Achsenlänge des Menschenauges haben Krause der Aeltere. E. v. Jäger u. A. angestellt. Jäger fand die Augenachse des Erwachsenen im Mittel aus 80 sehr genauen Messungen = 24·3 Mm. Offenbar waren die meisten der gemessenen Augen emmetropisch gewesen. Zieht man die Dicke der Lederhaut (= 0·9 Mm.) ab, so bleibt für die Sehachse 23·4. Messungen der optischen Constanten des lebenden Menschenauges sind vor Allem von Helmholtz, ferner von Donders, Knapp, Mauthner, Woinow, Reuss u. A. ange-

1) E = Emmetropie von ἔμ-μετρος, maassvoll (μέτρον Maass). und ὤψ Gesicht; e = emmetropisch. Diesem Zustand entgegengesetzt ist die Ametropie, von ἄ-μετρος, unrichtig. (Bei den Griechen war ἔμμετρος im Gegensatze zu ἄμετρος = poëtisch gegen prosaisch.)

2) Dieser Werth ist ein wenig genauer als der abgerundete von 15 Mm. des schematisch-reducirten Auges.

stellt worden. Reuss fand bei der genauen und prüfenden Messung von 6 Emmetropen-Augen Erwachsener den kleinsten Werth der Augenachse = 22·6 Mm., den grössten = 24·7. Das Mittel beträgt 23·65. Dies weicht nur um eine sehr kleine Grösse ab von demjenigen Mittelwerthe (23·8 Mm.), den wir unserer Betrachtung zu Grunde gelegt haben.

Die hintere Hauptbrennweite bei E ist nach Reuss = 20.88 Mm. (Grösster Werth 21·7; kleinster 19·6). Natürlich, starre Uebereinstimmung ist auf organischem Gebiete nicht zu erwarten. Schon der Neugeborenen Augen[1]) sind nicht ganz gleich lang, die Wachsthumsverhältnisse der Menschen sind sehr verschieden, ihre Bedingungen mannigfaltig und kaum zu überschauen. Deshalb ist die annähernde Gleichheit sehr bemerkenswerth. Aber vollständig ist die Gleichheit des dioptrischen Systems keineswegs. Das kann man sofort beurtheilen, wenn man für emmetropische Augen Erwachsener die wichtigste Grösse, den Hornhauthalbmesser r, bestimmt.[2])

Man findet, dass r um etwa 0·5 Mm. grösser oder kleiner sein kann, als der Mittelwerth von 7·7 Mm.

Wenn trotz stärkerer Hornhautkrümmung (kürzerem Krümmungshalbmesser) E besteht; so kann entweder die Crystall-Linse durch verhältnissmässig schwächere Brechkraft (längere Brennweite) eine ausgleichende Wirkung üben; oder es kann das besondere Emmetropenauge um eine kleine Grösse kürzer[3]) sein, als das mittlere. Wenn hingegen trotz flacherer Hornhautkrümmung (längerem Hornhautradius) E besteht; so kann entweder die Crystall-Linse durch verhältnissmässig stärkere Brechkraft (kürzere Brennweite) eine ausgleichende

---

1) Die Augenachse der Neugeborenen verhält sich zu der der Erwachsenen wie 18:24 = 3:4. (Die Körperachse wie $1:3^1/_2 = 3:10^1/_2$!) Die Augen der Neugeborenen sind verhältnissmässig gross; und bald, in den ersten Lebensjahren, wird das volle Maass gewonnen. Das Auge, unser Welt-Maassstab, ist während des selbständigen (extra-uterinen) Lebens nur geringen Schwankungen unterworfen.

2) Dies kann mittelst des Ophthalmometers oder des Ophthalmomikroskops von Helmholtz am Lebenden mit aller Schärfe ausgeführt werden.

3) Es sei $r = 7{\cdot}2$ Mm. $F_{2c} = 4 \times 7{\cdot}2 = 28{\cdot}8$; $F_{1c} = 3 \times 7{\cdot}2 = 21.6$. Der Convergenzpunkt des parallel auf die Hornhaut fallenden Bündels liegt 28 Mm. hinter der Hornhaut, 22·8 hinter K der Linse, 22·8 + 63 = 85·8 hinter deren vorderem Brennpunkt. $\varphi_1 l = -85{\cdot}8$; $\varphi_2 l = \frac{63 \times 63}{-85{\cdot}8} = -46{\cdot}4$. Der definitive Bildpunkt liegt 46·4 vor dem hinteren Brennpunkt der Krystalllinse oder 63—46·4 = 16·6 hinter dem Knotenpunkt der letzteren. Soll der definitive Bildpunkt in die Netzhaut fallen, so muss die Augenachse 6 + 16·6 = 22·6 Mm. lang sein. Bei dem Mittelwerth $r = 7{\cdot}7$ wird $\varphi_1 l = -87.6$; $\varphi_2 l = -45{\cdot}3$, Sehachsenlänge 6 + 17·7 23·7.

Wirkung üben; oder es kann das besondere Emmetropenauge um eine kleine Grösse länger sein, als das mittlere.[1])

Im Ganzen hat man aber die Abweichungen der Sehachsenlänge des erwachsenen *E*-Auges nur gering anzunehmen, etwa gleich $\pm$ 1 Mm., im Vergleich zum Mittelwerth.

Geschlecht und Alter sind natürlich zu berücksichtigen. Die poetischen Beschreibungen des weiblichen Auges gegenüber dem männlichen sind bei der physikalischen Prüfung nicht stichhaltig gefunden worden.[2]) Das erwachsene, weibliche *E*-Auge ist im Allgemeinen um eine geringe Grösse ($^1/_4$—$^1/_2$ Mm.) kleiner, als das männliche, und dem entsprechend der Krümmungsradius der Hornhaut um ein Geringes kürzer. (Donders fand r bei Männern 7·8 im Mittel, bei Weibern 7·7, bei *e* Männern 7·78, bei *e* Weibern 7·72.) Auch bei *e* Kindern von 14—16 Jahren hat man einen kleineren Krümmungsradius der Hornhaut (7—$7^1/_4$ Mm,) gefunden und dem entsprechend eine etwas kürzere Sehachsenlänge zu erwarten.

6. Kurzsichtigkeit.

Wenn ein Auge von dem Normalbau (Emmetropie) abweicht, so wird es als ametropisch bezeichnet. Es giebt nach dem Gesagten zwei Arten von Ametropie, die Kurzsichtigkeit und die Übersichtigkeit.

Kurzsichtigkeit wurde Myopie[3]) genannt, weil die Kurzsichtigen blinzeln, um in die Ferne deutlicher zu sehen, und so durch

---

1) Es sei $r = 8{\cdot}2$, also $F_2c = 4 \times r = 32{\cdot}8$; $\varphi_1 l = -\ [(32{\cdot}8-6) + 63] = -89{\cdot}8$; $\varphi_2 l = \frac{63 \times 63}{-89{\cdot}8} = \frac{3969}{-89{\cdot}8} = -44{\cdot}2$; $63-44{\cdot}4 = 18{\cdot}6$.

Schachsenlänge $s = 6 + 18{\cdot}7 = 24{\cdot}6$.

Wenn $r_c = 7{\cdot}2$ ($F_2 l = 63$ Mm.) wird s des *e*-Auges $= 22{\cdot}6$.
$r_c = 7{\cdot}7$ („ $= 63$ „) „ „ $= 23{\cdot}7$.
$r_c = 8{\cdot}2$ („ $= 63$ „) „ „ $= 24{\cdot}6$.

Eine Abweichung des Hornhautradius $\triangle r = \pm\ ^1/_2$ Mm. bedingt eine Abweichung der Sehachsenlänge $\triangle s$ um $\pm$ 1 Mm. (Ungefähr.)

2) Sömmering's Ausspruch: „Im Ganzen hat das Aeussere des Auges beim Manne etwas rundes, dickliches, kräftiges; bei Weibern etwas längliches, flaches, zartes, dünnes, sanftes", ist wohl nach dem Zusammenhang mehr auf Lider und Umgebung des Auges zu beziehen. Bei den Naturphilosophen Dr. Löbenstein-Löbl (Semiologie des Auges. Jena 1817, pag. XXXVII) heisst es: „Im Auge des Weibes ist Sanftmuth, Liebreiz und Milde ausgegossen; im Auge des Mannes herrscht Festigkeit, Entschlossenheit, Ernst und Kraft".

3) *Μύωψ*, Blinzel-Auge, von *μύω* ich schliese, und *ὤψ* das Auge. In der dem Aristoteles zugeschriebenen Schrift Problemata heisst es (*λα*, 16; Ausg. der Berliner Akademie II, 959, 1831): *Διὰ τί οἱ μύωπες συνάγοντες τὰ βλέφαρα ὁρῶσιν*;

theilweisen Verschluss der Lidspalte die Pupille verengern; oder auch Hypometropie[1]), weil ihr Sehbereich kürzer ist, als der der Emmetropen. Der Ausdruck Plesiopie[2]) (Nahesichtigkeit) ist nicht allgemein angenommen worden.

Ein Auge ist kurzsichtig, wenn es zwar in der Nähe feine Gegenstände deutlich sehen, also feinen Druck fliessend lesen kann: aber von fernen Gegenständen scharfe Netzhautbilder nicht zu gewinnen, also zum Beispiel die Schriftproben, die ein emmetropisches Auge noch auf 20′ (= 7 Meter) Entfernung deutlich wahrnimmt, ohne Anwendung von concaven Hilfsgläsern nicht zu entziffern vermag.

Das von einem sehr fernen Punkt ausgehende Strahlenbündel fällt nahezu parallel auf das kurzsichtige Auge und wird durch das

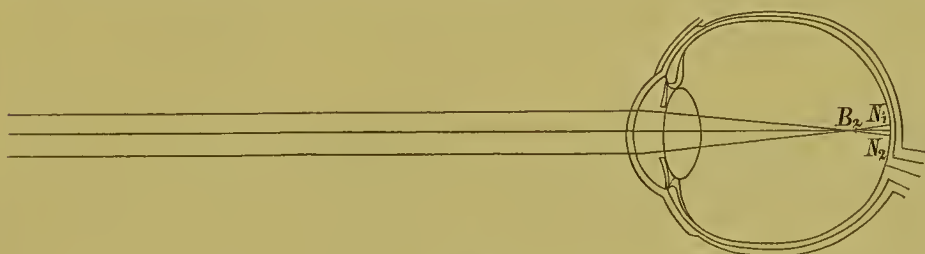
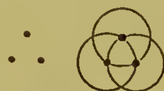


Fig. 46.

ruhende Doppelobjectiv des Auges im hinteren Hauptbrennpunkte des letzteren vereinigt; dieser (B_2) liegt im Falle der Kurzsichtigkeit vor der Netzhaut; auf der Netzhaut des kurzsichtigen Auges entsteht durch das von B_2 wieder auseinander fahrende Strahlenbündel ein Zerstreuungskreis N_1 N_2. Das Bild des fernen Punktes erscheint dem kurzsichtigen Auge verwaschen und unklar. Wird ein kurzsichtiges Auge gegen einen sehr fernen Gegenstand gerichtet, so entsteht von jedem Punkt des letzteren statt eines scharfen punktförmigen Bildes ein Zerstreuungskreis auf der Netzhaut; die Zerstreuungskreise benachbarter Bildpunkte greifen übereinander (s. Fig. 47); das Bild des fernen Gegenstandes wird verwaschen, selbst unerkennbar. Die Mondsichel erscheint als ein grosser, vielspitziger Lichtfleck. Es ist


Fig. 47.

---

und ebendaselbst, 8 (s. 958): *Διὰ τί οἱ μύωπες μικρὰ γράμματα γράφουσιν;* Aristot. *περὶ ζῴων γενέσεως*, E, 1. (I, 780): *ὁ γὰρ αὐτὸς ἐπηλυγισάμενος τὴν χεῖρα ἢ δι᾽ αὐλοῦ βλέπων τὰς μὲν διαφορὰς οὐθὲν μᾶλλον οὐδ᾽ ἧττον κρίνει τῶν χρωμάτων, ὄψεται δὲ πορρώτερον.*

1) Von *ὑπὸ*, unter; *μέτρον*, Maas; *ὤψ*, Gesicht.

2) Von *πλησίος*, nahe.

klar, dass der Fehler um so grösser sein muss, je weiter die Netzhaut hinter der hinteren Hauptbrennebene des ruhenden kurzsichtigen Auges zurückweicht.

Im Vergleiche mit dem emmetropischen Auge ist das kurzsichtige scheinbar mit zu starker Brechkraft begabt; ein parallel einfallendes Strahlenbündel wird bei ruhender Accommodation vom emmetropischen Auge in der Netzhaut, vom kurzsichtigen schon vor der Netzhaut zu einem punktförmigen Bilde vereinigt.



Fig. 48

Geht aber (Fig. 48) von einem bestimmten, in endlicher Entfernung belegenen Punkte (*R*) ein Strahlenbündel aus, welches divergent auf das kurzsichtige Auge fällt; so wird das ruhende Doppelobject des letzteren das divergente Bündel genau in der Netzhaut zu einem scharfen, punktförmigen Bilde vereinigen. *R* ist der fernste Punkt, von dem das kurzsichtige Auge noch ein scharfes Netzhautbild zu gewinnen vermag.

Rechnungsmässig muss Kurzsichtigkeit entstehen, wenn die Netzhaut eines bestimmten Auges hinter der hinteren Hauptbrennebene seines ruhenden Doppelobjectivs belegen ist. Das kurzsichtige Auge ist zu lang gebaut; das verhältnissmässig zu lang gebaute Auge ist kurzsichtig.

Thatsächlich entsteht Kurzsichtigkeit, namentlich höheren Grades, durch absolute Verlängerung der Sehachse; das kurzsichtige Auge ist, verglichen mit dem emmetropischen, unbedingt zu lang gebaut, während das ruhende Doppelobjectiv desselben von dem des emmetropischen Auges nicht erheblich abweicht.

Dieser, der gewöhnliche Fall, wird Achsenmyopie (*Ma*)[1]) ge-

1) Glotzauge, *σκορδόφθαλμος*, schon beim Aëtius (VII, 134). Er kannte Kurzsichtigkeit mit und ohne Achsenverlängerung. Vgl. Aristot. *περὶ ζῴων γενέσεως*, έ, 1. *Τὰ μὲν ἐξόφθαλμα οὐκ εὔωπα πόρρωθεν, τὰ δ' ἐντὸς ἔχοντα τὰ ὄμμα-τα .... ὁρατικὰ τῶν πόρρωθεν.* Das ist doch älter, als die Beobachtung der kurzsichtigen Sehachsenverlängerung durch Scarpa 1801, v. Ammon 1832, Ritterich 1839 und namentlich durch Arlt 1854. Allerdings sind diese neuen Beobachtungen dafür um so wichtiger.

nannt, im Gegensatze zu dem viel seltneren, ja ausnahmsweisen Fall der Krümmungsmyopie (*Mk*), wo die scheinbar zu starke Brechung des kurzsichtigen Auges, bei unveränderter Länge der Sehachse, durch zu starke Krümmung, besonders der Hornhaut,[1] bewirkt wird.

Natürlich ist auch bei Krümmungsmyopie das kurzsichtige Auge verhältnissmässig zu lang gebaut; denn der stärkeren Krümmung der Hornhaut entspricht eine ungewöhnlich kurze hintere Hautbrennweite, während die Netzhaut im gedachten Falle an der normalen Stelle, also hinter dem hinteren Hauptbrennpunkte des individuellen Auges, belegen ist.

Gemischte Myopie (*Mm*) ist anzunehmen, wenn die scheinbar zu starke Brechkraft des kurzsichtigen Auges theils durch Sehachsenverlängerung, theils durch stärkere Krümmung der brechenden Flächen des Auges bedingt wird. (Ob auch zu starke Lichtbrechung in einzelnen Theilen, namentlich in der Linse, mitwirkt, ist noch genauer zu erforschen.)

Ein einfaches Schema des kurzsichtigen Auges[2]) liefert die Dunkelkammer der Photographen, wenn sie so weit ausgeschraubt ist, dass der lichtauffangende Schirm vom Objectiv aus hinter der hinteren Hauptbrennebene des letzteren liegt; in diesem Zustande liefert sie ein scharfes Bild, nicht vom Horizont einer Landschaft, wohl aber von einem bestimmten nahen Gegenstand, dessen Abstand genau dem Grade der Achsenverlängerung der Dunkelkammer entspricht.

Ein sehr passendes Maass der Kurzsichtigkeit wäre gegeben, wenn wir den Grad der Achsenverlängerung (womöglich in Theilen der normalen Sehachse) anzugeben vermöchten; wenn wir z. B. nach Untersuchung eines lebenden Auges sagen könnten: das betreffende Auge hat ein normales Doppelobjectiv, aber eine um 10%, d. h. um 2·38 Mm., verlängerte Sehachse.

Diese anatomische Messung ist am lebenden Auge nicht bequem durchführbar, wenigstens nicht in der ärztlichen Praxis; wir

---

1) Durch Verletzung wird gelegentlich eine theilweise Zerreissung des Aufhängebandes der Linse bewirkt; die Linse wird dann nicht mehr durch das Aufhängeband im abgeflachten Zustand erhalten, sondern nimmt dauernd eine gewölbte Gestalt an: die Folge ist starke Kurzsichtigkeit des Auges, nebst Aufhebung der Accommodationsfähigkeit. — Eine stärkere Wölbung der Linse kann man auch vermuthen bei der Kurzsichtigkeit durch Zuckerharnruhr; ferner durch beginnenden Alters-Star.

2) Nicht, wie man früher annahm, des für die Nähe accommodirten Auges.

müssen uns mit einer physiologischen Messung der Kurzsichtigkeit begnügen.

Wir messen nämlich den Fernpunktabstand, indem wir z. B. die grösste Entfernung ermitteln, in welcher das kurzsichtige Auge noch ganz feine Druckschrift zu lesen vermag. Das erste Maass der Kurzsichtigkeit ist der Abstand des Fernpunktes vom Knotenpunkt des ruhenden, kurzsichtigen Auges oder die lineare Strecke $\overline{RK} = R$ (Fig. 48).

Thatsächlich können wir allerdings nur von der Hornhaut ab, d. h. die Strecke $\overline{RC}$, messen. Wenn aber der Fernpunktabstand des Auges auch nur 3″ = 81 Mm. betragen sollte, so käme es doch nicht so wesentlich darauf an, ob wir uns um 1—2 Mm. irren in der Bemessung des Abstandes $d = \overline{CK}$ zwischen Hornhaut und Knotenpunkt des Auges: eines Abstandes, welcher im Mittel etwa 7 Mm. beträgt.

Je nach der Wahl des linearen Maasses, dessen wir uns zur Abmessung der Grösse R bedienen, fällt der ziffermässige Ausdruck für den Grad der Kurzsichtigkeit verschieden aus.

Bis vor Kurzem war allgemein das Zollmaass üblich. Einem kurzsichtigen Auge, dessen Fernpunktsabstand ($\overline{RC}$ oder genauer $\overline{RK}$) 2″ betrug, wurde eine Kurzsichtigkeit von 2″ zuertheilt. Ist der Fernpunktabstand 6″, so besteht M von 6″. Ist R = 80″, so besteht M von 80″.

Hiermit sind die praktischen Grenzen für die Bestimmung der Kurzsichtigkeit gegeben. Liegt der Fernpunkt noch weiter ab, als 80″; so verlohnt es sich nicht, den Grad der Kurzsichtigkeit anzugeben, da ein solches Auge für die üblichen Sehprüfungen und für die meisten Beschäftigungen mit einem emmetropischen fast gleichwerthig ist.

Die Netzhaut liegt dann der hinteren Hauptbrennebene des ruhenden Doppelobjectivs unendlich nahe; die Zerstreuungskreise werden unendlich klein und stören nicht länger durch Uebereinandergreifen.

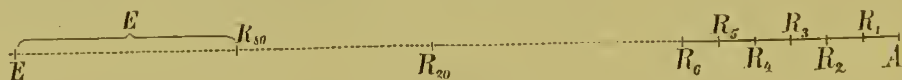


Fig. 49.

Man sieht, dass Emmetropie den Grenzfall der Myopie darstellt, dass Myopie durch allmähliche Verlängerung des Fernpunktabstandes in Emmetropie übergeht. Denken wir uns in A den Ort (Knotenpunkt) des Auges und auf der Graden AE die sämmtlichen Fernpunkte kurzsichtiger Augen mit R_1 $R_2 \cdot\cdot R_6 \cdots R_{80}$, je nach ihrer

Entfernung von A (in Zollmaass), verzeichnet; so können wir diejenige Strecke der Graden, welche jenseits R_{80} liegt, praktisch zur E rechnen, deren eigentlicher Ort auf der Graden in unendlicher Entfernung von A zu denken ist.

Kurzsichtigkeit von 80″ bis 20″ kann man als leichte bezeichnen, die von 20″ bis 6″ als mittlere, die von 6″ bis 2″ und weniger aber als starke. Natürlich ist bei dem ganz allmählichen Übergange des einen Grades in den andern eine scharfe Abgrenzung nicht möglich. Die erwähnte Eintheilung ist eine willkürliche, jedoch durch den Gebrauch geheiligt. Namentlich ist es bei uns, und auch anderswo, gesetzlich festgestellt, dass die starke Kurzsichtigkeit ($R \leqq 6''$) vom Kriegsdienst frei macht.

Da nun das Zollmaass bei uns — zwar nicht ganz im bürgerlichen Leben, wohl aber im bürgerlichen Gesetze — seine Giltigkeit verloren hat und durch das Centimetermaass ersetzt ist; so müssen wir die lineare Strecke R, welche den Grad der Kurzsichtigkeit misst, auch in diesem Maasse ausdrücken.

Ein preussischer Zoll ist gleich 26 Mm. Für die Praxis erhält man hinreichende Genauigkeit, wenn man auf diesem Gebiete $1'' = 2{\cdot}5$ Cm. setzt. Danach beginnen die schwächsten Grade der praktisch noch erkennbaren Kurzsichtigkeit mit $R = 200$ Cm. ($= 80''$), die mittleren Grade mit $R = 50$ Cm. ($= 20''$), die stärkeren Grade mit $R = 15$ Cm. ($= 6''$).

Von dem ersten (theoretischen) Maass der Kurzsichtigkeit ($R = \overline{RK}$) wollen wir das zweite oder praktische Maass derselben unterscheiden.

Dies wird geliefert durch das ausgleichende Hilfsglas, also durch dasjenige Brillenglas, welches die M ausgleicht oder aufhebt, — dessen Hinzufügung also aus dem m Auge ein e macht.

Besteht in einem Falle M von $10'' = 25$ Cm., so vermag das Auge bei ruhendem Doppelobjectiv (abgeflachter Crystall-Linse) nur von einem in R ($RK = 10''$) liegenden Gegenstand ein scharfes Netzhautbild zu gewinnen. Das von R ausfahrende Strahlenbündel, aber lediglich ein Bündel von diesem Divergenzgrade, wird durch das ruhende Doppelobjectiv des m Auges zu einem punktförmigen Bilde in N, auf der Netzhaut, vereinigt. Soll das von einem sehr weit entfernten Punkte ausfahrende, nahezu parallele (in der Fig. 50 punktirte Strahlenbündel) so divergent auf die Hornhaut des kurzsichtigen Auges fallen, dass es von dem ruhenden Doppelobjectiv desselben zu einem punktförmigen Bilde in seiner Netzhaut vereinigt wird; so muss dieses parallele Bündel durch ein zerstreuendes Glas, welches vor die Hornhaut

geschoben wird, jenen passenden Grad von Divergenz gewinnen. Dasjenige Glas ist das passende, dessen zweiter Haupt-

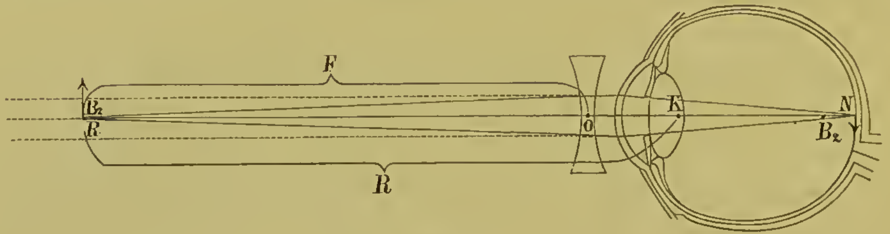


Fig. 50.

brennpunkt (B_2) mit dem Fernpunkt (R) des Auges in denselben Punkt des Raumes zusammenfällt.[1])

Die Brennweite des ausgleichenden Zerstreuungsglases muss also sein $F = OR$, d. h. es muss die Brennweite des Glases nahezu gleich sein dem Fernpunkts-Abstand des Auges.

Will man grösste Genauigkeit anstreben, so ist zu berücksichtigen, dass R von F um die kleine Grösse $OK = d$ sich unterscheidet. ($R—d = F$). Die Brennweite des zu wählenden Glases ist also etwas kürzer, als R, und hängt noch ein wenig von seiner Stellung zum Auge ab. Steht der Knotenpunkt O des Glases 1″ = 2·5 Cm. vor dem des Auges (vor K), so muss das ausgleichende Glas eine Brennweite von 10″—1″ = 9″ (= 25—2·5 Cm. = 22·5 Cm.) besitzen, damit das parallele Strahlenbündel den passenden Grad von Zerstreuung erhalte, d. h. nach der Brechung im Concavglas von dem Fernpunkt des Auges auszugehen scheine. Es muss ja immer $\overline{RO} = F$ sein. Steht das Glas aber, wie bei den gewöhnlichen Brillengestellen selbstverständlich, nur etwa $^1/_2$″ = 1·25 Cm. vor dem Knotenpunkt des Auges, so muss die Brennweite des Glases $9^1/_2$″ = 23·75 Cm. betragen. Immer muss, wo auch das Glas steht, sein zweiter Hauptbrennpunkt mit dem Fernpunkt des Auges zusammenfallen.

Dieselbe Kurzsichtigkeit kann also durch etwas verschiedene Gläser ausgeglichen werden, durch ein schärferes L_2, wenn es weiter vom Auge abgerückt wird;[2]) durch ein schwächeres L_1, wenn es mehr dem Auge angenähert wird. (Fig. 51.)

Dasselbe Zerstreuungsglas (Fig. 51 b) entfaltet eine etwas verschiedene Ausgleichwirkung, je nachdem es dem Auge angenähert oder von ihm entfernt wird. Wird es dem Auge A

---

1) Es ist dies für die Ausgleichung der Einstellungsfehler die allgemeine Regel, welche genau ebenso auch für die Übersichtigkeit gilt.

2) So, wenn wir mit dem Augenspiegel (objectiv) die Kurzsichtigkeit messen.

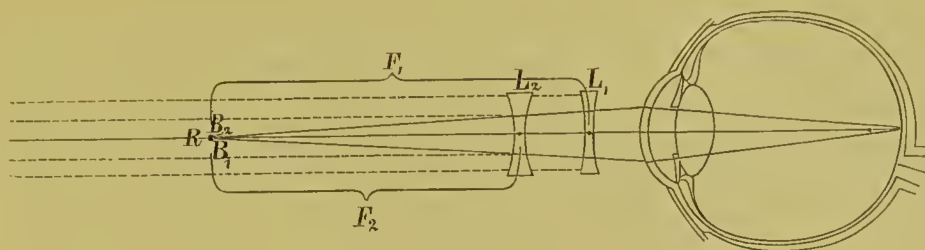


Fig. 51.

angenähert, nach O; so nähert es den Divergenzpunkt D des ursprünglich parallelen Strahlenbündels an und wirkt wie ein schärferes Zerstreuungsglas. Wird es vom Auge A entfernt, nach O_1; so liegt der

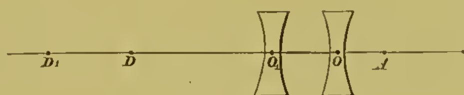


Fig. 51 b.

Divergenzpunkt D_1 des ursprünglich parallelen Strahlenbündels auch weiter vom Auge ab: das Glas wirkt wie ein schwächeres Zerstreuungsglas, dessen Knotenpunkt in O verblieben wäre.

Viele Menschen tragen unrichtige Zerstreuungsgläser, sei es nach eigener, sei es nach ärztlicher Wahl. Suchen sie immer das Concavglas dem Auge anzunähern, so ist ihr Fernpunkt näher zum Auge, als der zweite Hauptbrennpunkt des Glases: das Glas ist zu schwach. Suchen sie immer das Concavglas möglichst weit vom Auge zu entfernen, so liegt eigentlich ihr Fernpunkt weiter ab, als B_2 des Glases; das Glas ist zu scharf, was den schlimmeren Fehler darstellt.[1])

Aber, wenn wir in der Praxis die Brillengläser in den bekannten Brillengestellen befestigen, so kommt die mögliche Verschiedenheit der Lage bei der Wahl des passenden Glases nur wenig in Betracht. Höchstens ist zu berücksichtigen, dass Brillengläser nicht vollständig fest am Kopf des Menschen befestigt werden, und dass deshalb eine im strengsten Sinne genaue Ausgleichung der Kurzsichtigkeit nicht möglich ist. Zum Glück ist dieselbe für die praktischen Bedürfnisse auch nicht nothwendig, da das Zurückbleiben eines sehr geringen Grades von Kurzsichtigkeit die Fernsicht nicht erheblich beeinträchtigt.

Dasjenige ausgleichende Zerstreuungsglas, welches den Fehler des scheinbar zu stark brechenden Auges aufhebt und ein parallel einfallen-

---

1) Bezüglich der Verschiebung von Sammelgläsern gilt die umgekehrte Regel.

des Strahlenbündel statt vor der Netzhaut genau in derselben zur Vereinigung bringt, oder vielmehr die Brechkraft dieses ausgleichenden Zerstreunngsglases, ist das praktische Maass der Kurzsichtigkeit.[1]) Das obige Beispiel wäre demnach $M = \frac{1}{9^1/_2}'' = \frac{1}{23{\cdot}75}$ Cm.

Der Unterschied des praktischen Maasses und des theoretischen ist im Allgemeinen gering. Der Vortheil des ersteren liegt in der Auffassung, Schreibweise und Rechnung. Bei schwachen Gläsern ist jener Unterschied vollständig zu vernachlässigen. Eine Kurzsichtigkeit von $\frac{1}{40}''$ und eine von $\frac{1}{39}''$ oder gar von $\frac{1}{39{\cdot}5}''$ sind darum praktisch gleichwerthig, weil der vollständigste Brillenkasten nach 40″ erst wieder das Glas 36″ enthält, und weil der Unterschied zwischen $\frac{1}{40}$ und $\frac{1}{39}$ nur $= \frac{1}{1600}$.[2])

Bei mittleren Graden von Kurzsichtigkeit, z. B. von $\frac{1}{10}''$, ist jener Unterschied schon verhältnissmässig bedeutender, insofern er etwa 5% von dem Betrag der zu messenden Grösse ausmacht. Bei den stärkeren Graden der Kurzsichtigkeit steigt jener Unterschied auf 20% (und darüber) von dem Betrag der zu messenden Grösse[2]) und wäre an sich keineswegs zu vernachlässigen; aber in diesen Fällen verordnen wir auch niemals die vollständig ausgleichenden Gläser, — und auch das theoretische Maass der M lässt sich durch die übliche Ermittelung der Entfernung, in welcher feine Schrift noch gelesen wird, kaum auf $^1/_4$ oder $^1/_2''$ genau angeben, wenn man nicht zu umständlichen und unzweckmässigen Verfahrungsweisen seine Zuflucht nehmen will. Man begnügt sich dann, den Fall als übermässige M mit einem Fernpunktabstand von etwa 3″ (bezw. 2″, $1^1/_2''$) darzustellen.

Aus dem Gesagten folgt, dass die vorgeschlagene Vereinfachung recht annehmbar ist; man möge die Kurzsichtigkeit messen durch die

---

1) Die Brechkraft des Hilfsglases als Maass der Einstellungsfehler rührt von Donders her, der allerdings die Hilfsgläser in den Knotenpunkt des Auges versetzt.

2) Genauer $\frac{1}{1560}$.

2) $\frac{0{,}5}{10} = \frac{1}{20} = 5\%$. Ferner $\frac{0{,}5}{2} = \frac{1}{4} = 25\%$.

Knotenpunkt des kurzsichtigen Auges steht. Man darf aber nicht vergessen, dass damit eben nur ein angenäherter (für die Praxis allerdings ausreichender) Werth der gesuchten Einstellung gewonnen wird.

Nun können wir uns aber auch sofort mit Leichtigkeit auf den neuesten Standpunkt emporschwingen und statt des alten Zollmaasses den modernen Meter oder vielmehr die Brechkraft der Meterlinse, die Dioptrie, als Maass der Kurzsichtigkeit und überhaupt der Einstellungsfehler in Anwendung ziehen.

Ja, die Bezeichnung des Kurzsichtigkeitsgrades durch eine Dioptrienzahl hat überhaupt nur dann einen Sinn, wenn wir von der gegebenen Erklärung des praktischen Maasses der Kurzsichtigkeit ausgehen.

Eine Kurzsichtigkeit, die durch ein Zerstreuungsglas von 4 D $\left(= \frac{1}{10}''\right)$ in E umgewandelt wird, kann bezeichnet werden als M von 4 D. Wird ein kurzsichtiges Auge verbessert durch 20 D $\left(= \frac{1}{2}''\right)$, so besteht $M = 20$ D.

Es ist dies wahrlich kein so hervorragender Gedanke, dass es verlohnte, sehr viel Aufhebens davon zu machen. Aber es wäre ungereimt, wenn man — wie das leider häufig genug geschieht — das theoretische Maass der Kurzsichtigkeit in Dioptrien ausdrücken wollte, etwa in folgender Weise;

Ein kurzsichtiges Auge wird verbessert durch ein vorgehaltenes Zerstreuungsglas von 20 D. Die Brennweite des ausgleichenden Glases ist $\frac{1000}{20} = 50$ Mm. Aber der Knotenpunkt des Glases steht mindestens 10 Mm. vor dem des Auges, folglich beträgt der Fernpunkts-Knotenpunkts-Abstand R, das theoretische Maass der Kurzsichtigkeit, $50 + 10 = 60$ Mm. Ein Glas von 60 Mm. Brennweite hat eine Brechkraft von $\frac{1000}{60} = 16$ Dioptrien. Das theoretische Maass der M ist im vorliegenden Fall 16 Dioptrien. Es ist dies, abgesehen von allen Weiterungen, um so weniger gerechtfertigt, als das wirkliche Zerstreuungsglas von 16 Dioptrien, wenn wir es uns in den Knotenpunkt des Auges eingeschoben dächten, hierselbst, umgeben von wässeriger Flüssigkeit, dessen Brechungszahl gleich $\frac{4}{3}$, eine ganz andere, nämlich im Verhältniss von 3 : 1 längere Brennweite besitzen und eine dem entsprechend schwächere Brechkraft entfalten würde.

Es giebt auch noch andere wichtige Fälle, wo man mit dem alten Zoll-, bez. dem Centimeter-Maass, überhaupt mit dem Längen-Maass, besser fährt, als mit dem Dioptriestyl. Hierher gehört die objective Refractionsmessung mit dem Augenspiegel, sowie stärkere Gläser in Anwendung kommen. (Vergl. den Abschnitt vom Augenspiegel). Hierher gehört die Wahl eines Zerstreuungsglases für mittlere Gegenstands-Entfernungen. Ein Kurzsichtiger habe einen Fernpunktsabstand von etwa 6 Zoll; er will für gewisse Zwecke, z. B. zum Clavierspielen, einen solchen von 12″ erlangen. Welches Glas leistet das Gewünschte? Antwort: $\frac{1}{x} = -\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = -\frac{1}{12}$, d. i. ein Glas von 12 Zoll Zerstreuungsweite.

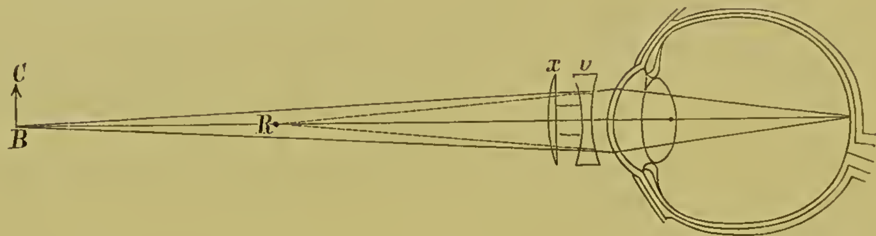


Fig. 52.

Beweis. Wir denken das *m* Auge durch sein Concavglas (*v*) $-\frac{1}{6}''$ corrigirt, wodurch das aus Auge und Zerstreuungsglas zusammengesetzte System für parallel einfallende Strahlenbündel eingerichtet wird. Jetzt wird der Gesichtsgegenstand *B C*, das Notenblatt, in *B*, d. h. 12″ vor dem Auge, aufgestellt. Damit das von einem Punkte *B* des Gegenstandes ausfahrende Strahlenbündel parallel, wie gefordert wird, auf das aus Concavglas und Auge zusammengesetzte System falle, ist es nöthig, unmittelbar vor *v* ein Sammelglas (*x*) von etwa 12 Zoll Brennweite anzubringen. (Die Betrachtung ist genau dieselbe, wie bei der Wahl des Star-Leseglases. S. 102.) Vereinigt man die Wirkung der beiden Gläser *x* und *v* in der üblichen Weise, so folgt $\frac{1}{x} = -\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = -\frac{1}{12}$, w. z. b. w.[1])

---

1 Setzt man nunmehr das gefundene Zerstreuungsglas $-\frac{1}{12}''$ vor das Auge,

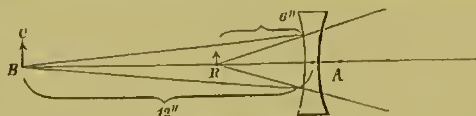


Fig. 53.

Im Dioptrienstyl: Praktisches Maass der *My* 6 *D*; $\frac{1000}{6} = 160$; wirklicher Fernpunktsabstand 160 Mm.; geforderter 320. $\frac{1000}{320} = 3$; (ungefähr); 6 — 3 = 3. Clavierbrille 3 *D*. Wer dies für eine Verbesserung hält, für den hat Euklid umsonst geschrieben!

Da wir einmal bei den Rechnungen verweilen, die bei der Behandlung der Kurzsichtigen dem Arzt erwachsen; so wollen wir noch schliesslich die Frage erörtern, um welche Strecke ungefähr ein *e* Auge verlängert werden müsste, bei unverändertem, ruhendem Doppelobjectiv, damit aus ihm ein *m* von einem bestimmten Grade der *M* hervorgehe. Das schematisch-reducirte Auge ist ein Simplum mit einer vorderen Brennweite von 15 Mm., einer hinteren von 20. Dasselbe ist für parallele Strahlenbündel eingerichtet; und muss entsprechend verlängert werden, wenn es divergente Strahlenbündel auf der Netzhaut zu scharfen, punktförmigen Bildern vereinigen soll (Fig. 54). Steht der Gegenstand *A C* in der endlichen Entfernung ($AB_1 = \varphi_1$) vor B_1, dem ersten Brennpunkt des reducirten Auges; so entwirft der brechende

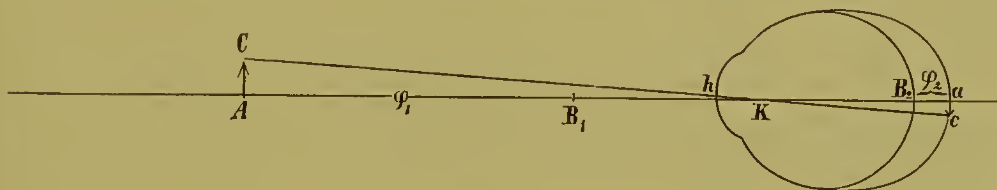


Fig. 54.

Apparat des letzteren ein Bild *ac*, das um $B_2 a = \varphi_2$ hinter dem hinteren Brennpunkt B_2 des Auges belegen ist. Fällt *ac* in die Netzhaut, so haben wir ein kurzsichtiges Auge, dessen Sehachse *ha* um $B_2 a = \varphi_2$ länger ist, als $h B_2$, die Sehachse des emmetropischen reducirten Auges.

---

so gilt folgende Betrachtung. Der in 12 Zoll Entfernung stehende Gegenstand *BC* sendet von jedem seiner Punkte, z. B. von *B*, ein divergentes Strahlenbündel aus, welches von dem Zerstreuungsglas stärker divergent gemacht wird, als käme es von *R*, dem Fernpunkt des Auges *A*. Will der Betreffende einen Fernpunktabstand von 24″, z. B. zum Violinspielen; so giebt $-\frac{1}{6} + \frac{1}{24} = -\frac{3}{24} = -\frac{1}{8}$. Endlich ist für einen gewünschten Fernpunktabstand von 36″: $-\frac{1}{6} + \frac{1}{36}'' = -\frac{5}{36} = -\frac{1}{7}$. Hier ist die Correction fast voll zu nehmen. Das war von vornherein klar, da $\frac{1}{36}$ klein gegen $\frac{1}{6}$.

$\varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2 = 15 \times 20 = 300$. $\varphi_1 = \frac{300}{\varphi_2}$. Setzt man $\varphi_2 = 1$ Mm.; so wird $\varphi_1 = 300$ Mm. Für jede Verlängerung der Sehachse um 1 Mm. erwächst dem betroffenen Auge eine Kurzsichtigkeit von etwa $\frac{1}{13}''$ oder 3 *D.*

Für jede Verlängerung von 0·3 Mm. erwächst dem betroffenen Auge ein Zuwachs der Kurzsichtigkeit von 1 $D = \frac{1}{40}''$. Bei übermässiger *M* von etwa 20 $D = \frac{1}{2}''$ würde die Achsenverlängerung $20 \times 0{\cdot}3 = 7$ Mm. betragen. In der That sind der Art kurzsichtige Augen von $24 + 7 = 31$ Mm. Länge beobachtet worden. Die anatomische Erfahrung stimmt mit der Rechnung genügend überein.

Die gewöhnlichen Fälle der *M*, namentlich der hochgradigen, beruhen auf Sehachsenverlängerung. (Achsenmyopie, *Ma*). Dass Kurzsichtigkeit in der Regel auf stärkerer Krümmung der Hornhaut beruhe, ist eine alte Fabel, welche durch unmittelbare Messung der Hornhautkrümmung am Lebenden mittelst des Ophthalmometers von Helmholtz längst widerlegt ist. Im Gegentheil, der Hornhautradius ist bei *M* eher eine Spur länger als bei *E*, nämlich im Mittel 7·86 statt 7·7 Mm. (Donders), wie auch die Crystall-Linse eher von etwas flacherer Form und etwas längerer Brennweite (F_l bei $M = 68$ Mm., statt 60 Mm. oder 63 bei *E*, v. Reuss), so dass hierdurch ein kleiner Theil der *m* Achsenverlängerung wieder ausgeglichen wird.

Die hintere Hauptbrennweite des fernsehenden Doppelobjectivs vom Auge ist bei *M* im Mittel etwas länger als bei *E* (nämlich 22 Mm., statt 20·8 Mm., v. Reuss), so dass eine mässige Sehachsenverlängerung (von etwa 1 Mm. im Mittel) aufgewogen wird durch schwächere Brechkraft des Doppelobjectivs. Im Ganzen ist aber die hintere Hauptbrennweite nicht so wesentlich abweichend von der bei *E*, und die höheren Grade von *M* sind in der übergrossen Mehrzahl aller Fälle bedingt durch Sehachsenverlängerung. Nichtsdestoweniger giebt es auch Krümmungsmyopien (*Mk*), Krümmungs-Ametropien überhaupt. Ist $r_c = 7{\cdot}2$ (statt 7·7 Mm.), so liegt (s. S. 114) der zweite Hauptbrennpunkt 22·6 Mm. hinter der Hornhaut, also etwa 1 Mm. vor der Netzhaut; falls das Auge die normale Länge besitzt, würde eine *My* von annähernd 3 *D* entstehen.[1])

---

1) $\frac{1}{x} = \frac{1}{F_{1c}} + \frac{1}{F_l} = \frac{1}{21} + \frac{1}{63}$ statt $\frac{1}{23} + \frac{1}{63}$.

Derartige Fälle kommen vor, sind aber doch recht selten.

Ich schliesse mit einer vorläufigen Bemerkung über die Verordnung von Gläsern. (In dem klinischen Theil wird dieser wichtige Gegenstand seine vollständige Erörterung erfahren.)

Bei leichten Graden von Kurzsichtigkeit kann man die vollständig ausgleichenden Gläser tragen lassen; nur müssen ältere Menschen sie beim Nahesehen (Lesen und Schreiben) absetzen. Bei mittleren Graden sind die nahezu ausgleichenden Gläser allein für das Fernsehen zu benutzen. Bei höheren Graden sind zwei verschiedene Gläser zu verordnen, eines zum Fernsehen

---

Nach Nagel entspricht einer Aenderung des Hornhauthalbmessers um $\pm 0{\cdot}1$ Mm. eine Ametropie von $\mp 0{\cdot}5\ D$. Das stimmt mit unserer Rechnung genügend überein. —

Wer übersichtliche Rechnungen liebt, berücksichtige, dass im mittleren schematischen Auge für die Brechung eines parallelen Bündels an der Hornhaut gilt

1) $F_2 = \frac{n_2\, r}{n_2 - n_1} = 4\, r$. ($F$ Brennweite, r Krümmungshalbmesser).

Einer kleinen Aenderung von r entspricht eine Aenderung von F_2 nach der Beziehung:

2) $d\, F_2 = 4\ dr$. Denn $F_2 + dF_2 = 4\ (r + dr)$.

Für die Brechung an der Linse gilt

3) $\varphi_1\, \varphi_2 = \mathfrak{F}\mathfrak{F}$. ($\varphi_1$ und φ_2 sind die Abstände der zusammengehörigen Bilder von den entsprechenden Brennpunkten der Linse, $\mathfrak{F}$ Brennweite der letzteren.)

Für die Brechung an der Linse wird

4) $dF_2 = d\varphi_1$.

Je weiter das auf die Hornhaut fallende parallele Bündel hinter der ersteren sich vereinigt, desto länger wird die (negative) Strecke zwischen jenem Vereinigungspunkt und dem vorderen Brennpunkt der Linse.

(Der absolute Werth jener Strecke ist ungefähr $60 + 24 = 84$ Mm.) Aus 3 folgt:

5) $\varphi_2 + d\varphi_2 = \frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}}{\varphi_1 + d\varphi_1}$.

$$d\varphi_2 = \frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}}{\varphi_1 + d\varphi_1} - \varphi_2 = \frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}}{\varphi_1 + d\varphi_1} - \frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}}{\varphi_1}.$$

6) $d\varphi_2 = \frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}\,(\varphi_1 - \varphi_1 - d\varphi_1)}{\varphi_1\,\varphi_1 + d\varphi_1\,\varphi_1} = -\frac{\mathfrak{F}\mathfrak{F}}{\varphi_1\,\varphi_1}\, d\varphi_1$, da das letzte Glied im Nenner gegen das erste verschwindet.

I) $d\varphi_2 = -\left(\frac{60 \times 60}{80 \times 80}\right) .\ 4\ dr = -\ 2{\cdot}25\ dr$ (in runder Zahl).

$d\varphi_2$ ist der Abstand zwischen der Netzhaut und dem schliesslichen Vereinigungspunkt des parallel auf die Hornhaut fallenden Strahlenbündels, also das Maass der Ametropie. Setzen wir $dr = +\ 0{,}1$ Mm., so wird

Ia) $d\varphi_2 = -\ (0{\cdot}1 \times 2{\cdot}25) = -\ 0{\cdot}225$ Mm. Diese Schachsenverkürzung entspricht einer Uebersichtigkeit von 0·6 Dioptr. Setzen wir $dr = -\ 0{\cdot}1$; so folgt eine Sehachsenverlängerung von 0·225 Mm. oder eine Kurzsichtigkeit von 0·6 Dioptr.

und ein anderes zum Nahesehen; das letztere sei etwa halb so scharf, als das erstere; schärfere Gläser als concav sechs, allenfalls fünf Zoll, sind überhaupt nicht zu gestatten. Menschen, welche dauernd Gläser von $-4''$, $-3''$, oder gar $-2''$ tragen, werden von Beschwerden und schliesslich von Erkrankungen des Augeninnern heimgesucht.

Geschichtliche Bemerkungen über Kurzsichtigkeit.

1) Der alten Griechen richtige Beobachtung und falsche Deutung der Kurzsichtigkeit erfahren wir aus Galen (VII, 98), Oribas., Aëtius, Paullus, Joannes. Als Beispiel erwähne ich Paull. Aeg. γ', κβ. (Basileae, 1538, p. 78.): *Μυωπίαι δὲ λέγονται [οἱ] ἐκ γενετῆς τὰ μὲν ἐγγὺς βλέποντες, τὰ δὲ ἐξ ἀποστάσεως οὐχ ὁρῶντες. ἀνίατος δέ ἐστιν ἡ τοιαύτη διάθεσις ὑπὸ ἀσθενείας γινομένη τοῦ ὀπτικοῦ πνεύματος.*

2) Die falsche Lehre von der Schwäche der Innervation wurde $1^1/_2$ Jahrtausende lang nachgebetet, bis Kepler 1604 (Paralipomena ad Vitellionem) das Richtige fand.

3) Seit Plempius (Ophthalmographia 1630) und besonders seit Boerhave (de morb. ocul. 1750) ist auch den Aerzten die Lichtbrechung kurzsichtiger Augen bekannt geworden.

7. Uebersichtigkeit.

Steht die Netzhaut eines Auges vor dem hinteren Hauptbrennpunkt seines ruhenden Doppelobjectivs, so ist das Auge übersichtig (hypermetropisch).[1]

Ein solches Auge ist scheinbar zu schwach brechend. Parallel einfallende Strahlenbündel kann es, bei erschlaffter Accommo-

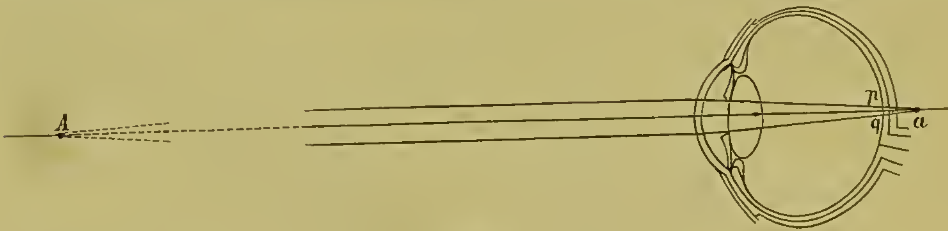


Fig. 55.

dation, nicht auf der Netzhaut, sondern erst hinter der Netzhaut in einem Punkt *a* vereinigen, welcher das Bild des sehr fernen Lichtpunktes *A* darstellt; auf der Netzhaut entsteht statt eines scharfen punktförmigen Bildes der Zerstreuungskreis *pq*.

---

1) ὑπὲρ, jenseits; μέτρον, Maass; ὤψ, Gesicht. Hypermetropie wird durch *H*, hypermetropisch durch *h* bezeichnet. Der Ausdruck *H* bedeutet, dass das betreffende

Somit ist das System des h Auges, bei erschlaffter Accommodation, zu schwach brechend und vermag nur solche homocentrischen [1]) Strahlenbündel zu punktförmigen Bildern in der Netzhaut zu vereinigen, welche schon convergent einfallen. Ein bestimmtes h Auge erfordert

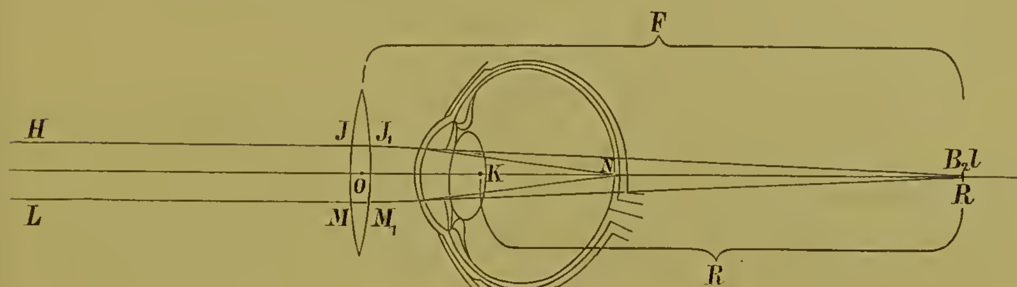


Fig. 56.

bei ruhendem Doppelobjectiv einen bestimmten Grad von Convergenz des einfallenden Strahlenbündels. Der Punkt R hinter dem h Auge, nach welchem das Strahlenbündel ($J_1\,M_1\,R$) convergiren muss, um von dem fernsehenden Doppelobjectiv des besonderen h Auges auf der Netzhaut vereinigt zu werden, heisst der negative Fernpunkt des h Auges. Die Strecke $\overline{RK}$ ($= -R$) misst den Grad der Uebersichtigkeit: der negative [2]) Fernpunktsabstand des h Auges ist das erste oder theoretische Maass der H.

Beträgt $RK = 6''$ oder 15 Cm., so besteht $H = \frac{1}{6}''\ \left(\frac{1}{15}\text{ Cm.}\right)$.

Das praktische Maass der H wird wieder durch die Brechkraft des ausgleichenden Glases gegeben. Dies muss ein Sammelglas sein, um den scheinbaren Mangel des h Auges auszugleichen, d. h. um dem (von einem sehr fernen Punkt A ausgehenden, also nahezu) parallelen Strahlenbündel den passenden Grad von Convergenz zu geben, dessen das h Auge benöthigt. Dasjenige Sammelglas ist das passende, dessen zweiter Hauptbrennpunkt B_2 zusammenfällt mit dem negativen Fernpunkt R des h Auges.

Auge eine transscendentale Fähigkeit besitzt, die ihm im wirklichen Leben nichts nützen kann, nämlich bei ruhendem Doppelobjectiv eingestellt zu sein für convergente Strahlenbündel, die doch in der Natur nicht vorkommen und erst künstlich durch Sammellinsen (oder Spiegel) hergestellt werden müssen. Man kann auch sagen, dass bei dem h Auge ein Theil der Accommodationsstrecke negativ, d. h. hinter dem Auge gelegen ist, wo doch wirkliche Sehgegenstände nicht vorhanden sind.

1) Von demselben Punkt ausgehenden.

2) Negativ, weil R hinter K gelegen; bei M, wo R vor K liegt, war die Strecke positiv gerechnet worden.

Sofort ist einleuchtend, dass das praktische Maass der H nahezu (aber nicht vollständig) zusammenfällt mit dem theoretischen. Steht der Knotenpunkt O des Convexglases $^1/_2''$ (= 1·25 Cm.) vor dem des Auges (K); so ist die Brennweite des ausgleichenden Sammelglases in dem erwähnten Beispiel $6^1/_2'' =$ 16·25 Cm.: das praktische Maass dieses Grades der H ist $\frac{1}{6^1/_2}''$ oder 6 D.

Die Hauptbrennweite des ausgleichenden Sammelglases ist etwa um $^1/_2''$ grösser, als die Länge des theoretischen Maasses. (Bei M war die Hauptbrennweite des ausgleichenden Zerstreuungsglases etwa um $^1/_2''$ kleiner, als die Länge des theoretischen Maasses derselben.)

Die Lage des Sammelglases zum Auge muss natürlich immer in Betracht gezogen werden. Dasselbe h Auge kann durch verschiedene Sammelgläser verbessert werden:

A) Durch ein stärkeres, das näher an den Knotenpunkt des Auges heranrückt; B) durch ein schwächeres, das weiter vor dem Knoten-

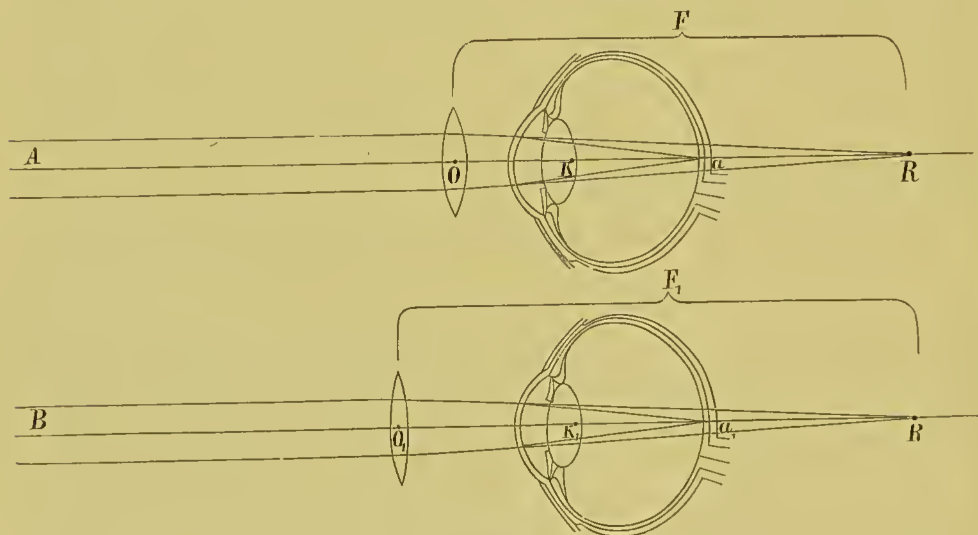


Fig. 57.

punkt des Auges steht. Das durch die Sammellinse convergent gemachte, auf die Hornhaut auffallende Bündel muss ja stets nach dem festen Punkt R hin convergiren, um von dem Doppelobjectiv des ruhenden h Auges zu einem punktförmigen Bilde in der Netzhaut vereinigt zu werden. Ist $O_1 R > O R$, so muss auch $F_1 > F$ sein.[1])

1) Bei der ophthalmoskopischen Refractionsmessung trifft der Fall B zu. Das durch Versuch gefundene Sammelglas hinter dem Augenspiegel hat eine um etwa 1'' (= 2·5 Ctm.) längere Brennweite als dasjenige, welches in dem gewöhnlichen Brillengestell die H des Kranken ausgleicht. Bei Kurzsichtigkeit hatte das aus-

steht dasselbe Sammelglas (dessen Brennweite $a_1 B_1 = F = a_2 B_2$,) vor A, dem Knotenpunkt eines h Auges, in verschiedenen Ent-

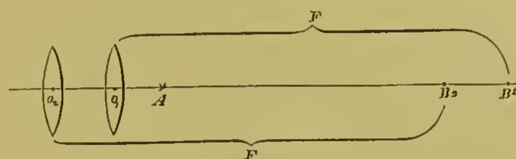


Fig. 58.

fernungen; so entfaltet es eine um so stärkere Ausgleichswirkung, je weiter es vor A steht. Ist ein Mensch bestrebt, sein Sammelglas immer möglichst weit vom Auge abzurücken, so ist die Brille zu schwach. (Wird ein Zerstreuungsglas immer möglichst weit abgerückt, so muss es zu stark sein, wie im vorigen Absatz erörtert ist.)

Uebrigens ist zu erwähnen, dass die gewöhnliche H nur selten stärker wird, als $^1/_4$ bis $^1/_5{}''$ (10 D, bezw. 8 D); und dass es natürlich nicht lohnt, noch schwächere Grade, als solche von $^1/_{80}{}''$ (= 0·5 D) zu unterscheiden, da diese allerschwächsten Grade praktisch mit E zusammenfallen. E ist der Grenzfall der H. E entsteht aus H, wenn man allmählich den Grad abschwächt, — wie E auch den Grenzfall der M darstellt.

Wenn man will, kann man die schwache H rechnen von $^1/_{80}{}''$ (= 0·5 D) bis $^1/_{12}{}''$ (= 3 D); die mittlere von $^1/_{11}{}''$ (= 3·5 D) bis $^1/_{6\frac{1}{2}}{}''$ (= 6 D); die starke von $^1/_6{}''$ (= 6·5 D) bis $^1/_4{}''$ (= 10 D) und darüber.

Rechnungmässig entsteht H durch relative Achsenverkürzung, d. h. wenn die Netzhaut (bei erschlaffter Accommodation) vor dem hinteren Hauptbrennpunkte des betreffenden Auges

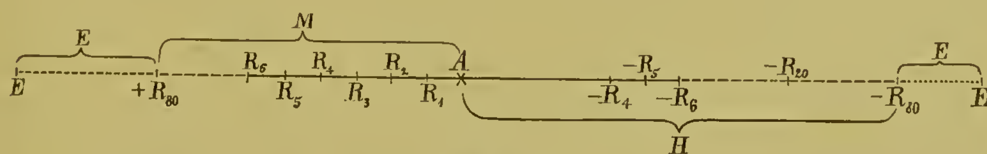


Fig. 59.

A ist der Augenpunkt. Die linke Hälfte der Graden enthält die Fernpunkte der verschiedenen M-Stufen; die rechte die der H-Stufen.

sich befindet. Thatsächlich entsteht H in der Regel durch absolute Achsenverkürzung, im Vergleiche zu dem Falle der E; d. h. das stär-

gleichende Zerstreuungsglas hinter dem Augenspiegel eine um etwa 1 Zoll kürzere Brennweite.

ker h Auge hat zwar fast dasselbe Doppelobjectiv, wie das e Auge; ist aber kürzer, als das letztere.[1])

Für das Verhältniss zwischen dem Grade der Sehachsenverkürzung und dem der Uebersichtigkeit gilt die nämliche Regel wie bei M, nur in umgekehrter Form. Ein Zuwachs der Sehachsenverkürzung um etwa $^1/_3$ Mm. entspricht einem Zuwachs der H um etwa 1 D oder $^1/_{40}''$.

In der allgemeinen Formel $\varphi_1 \cdot \varphi_2 = F_1 F_2 = 15 \times 20$ kommen bei gleichen absoluten Werthen von φ_1 die gleichen absoluten Werthe von φ_2 heraus, mag φ_1 das Plus- oder das Minus-Zeichen besitzen; nur dass im letzteren Falle auch φ_2 das Minus-Zeichen erhält. F_1 und F_2 können bei diesen annähernden Rechnungen als unveränderliche Grössen behandelt werden.

Gegeben sei ein reducirtes Auge von der gewöhnlichen Beschaffenheit, dessen Netzhaut aber nicht in B_2 liegt, sondern in n, vor B_2.

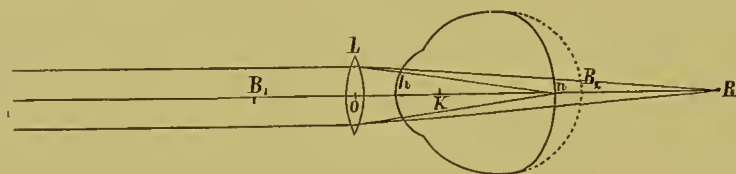


Fig. 60.

Ein parallel einfallendes Strahlenbündel wird durch die Sammellinse L convergent gemacht, nach dem Punkt R hinter dem Auge.

Dies convergente Strahlenbündel wird von dem scheinbar zu schwach brechenden h Auge in dem Punkt n der Netzhaut vereinigt. R und n sind für das achsenkurze h Auge zwei conjugirte Bildpunkte.

$\overline{RB_1} = -\varphi_1$, da der virtuelle Gegenstandspunkt hinter B_1 liegt; $n\,B_2 = -\varphi_2$, da die Netzhant (n) vor dem 2. Brennpunkt B_2 liegt.

$\varphi_1 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_2} = \frac{300}{\varphi_2}$. Setzen wir $\varphi_2 = -1$ Mm., so wird $\varphi_1 = \frac{300}{-1} = -300$, d. h. R liegt ungefähr 300 Mm. hinter B_1; $300 - B_1 K$ oder 280 Mm. ist das theoretische Maass der H, die entstehen würde, wenn die Sehachse des h Auges um 1 Mm. kürzer wäre als beim normalsichtigen. Das praktische Maass dieser H ist nahezu $^1/_{13}''$ oder 3 D, da der Knotenpunkt O des corrigirenden Brillenglases nur um

1) Der Hauptsatz der Refractionslehre lautet also folgendermassen: Rechnungsmässig bedeutet relativer Langbau immer Kurzsichtigkeit, relativer Kurzbau hingegen Uebersichtigkeit. Thatsächlich wird Kurzsichtigkeit meist durch absoluten Langbau und Uebersichtigkeit meist durch absoluten Kurzbau bedingt.

wenige Millimeter von B_1 entfernt ist, die Brennweite des corrigirenden Glases aber gleich OR sein muss. Setzen wir in der allgemeinen Formel $\varphi_2 = - 0{\cdot}33$ Mm., so folgt $\varphi_1 = \frac{300}{-0{\cdot}33} = -1000$, d. h. durch Sehachsenverkürzung von $^1/_3$ Mm. würde eine H von 1 D = $^1/_{40}''$ entstehen u. s. f.

Da stärkere Grade von gewöhnlicher H, als solche von $^1/_4''$ = 10 D kaum (oder nur sehr selten) vorkommen; so beträgt die Sehachsenverkürzung erwachsener h Augen kaum mehr, als $10 \times 0{\cdot}3$ = 3 Mm. Solche Augen werden etwa 21 Mm. lang sein (statt 24 bei E). Hiermit stimmt die Erfahrung genügend überein.

Es ist klar, dass die scheinbare Verkürzung der Sehachse und damit das Maass der H nicht so gross werden kann, als die Sehachsenverlängerung und damit das Maass der M.

Das Auge des Neugeborenen ist schon 17—18 Mm. lang. Wie auch das Wachsthum eines Auges zurückbleiben möge, so ist doch, wenn es sich nicht um angeborene Missbildung, oder um frühzeitig erworbene Erkrankung handelt, immer im Laufe des Lebens ein Wachsthum von mindestens einigen Millimetern zu erwarten. Das Längenwachsthum des stark kurzsichtigen Auges hingegen ist zum Theile eine krankhafte Dehnung und wird deshalb eher übermässig, bis 8 Mm. oder $^1/_3$ der normalen Sehachsenlänge.

Es ist eine alte Fabel, welche durch directe Messung am Lebenden mittelst Helmholtz' Ophthalmometer widerlegt ward, dass bei H[1]) die Hornhautkrümmung flacher sei, als bei E. Ein wesentlicher Unterschied konnte nicht nachgewiesen werden. Donders fand den Hornhauthalbmesser = 7·9 Mm. bei h Männern und = 7·8 Mm. bei e Männern im mittleren Alter. Reuss fand (was von der Methode abhängen kann,) wohl etwas kleinere Werthe, aber keinen Unterschied in der ersten Decimale zwischen E und H. Die hintere Hauptbrennweite F_2 ist nach Reuss nahezu dieselbe bei H und E, nämlich 21 Mm., bez. 20·8 Mm. Somit gilt auch für H der Erfahrungssatz, dass sie wesentlich bedingt wird durch Achsenverkürzung (Achsen-Hypermetropie, Ha) oder, besser ausgedrückt, durch verringertes Längenwachsthum des Auges.

Natürlich gilt dies auch nicht ganz ohne Ausnahme. Es kommen auch Krümmungshypermetropien (Hk) vor, wiewohl selten.[2])

---

1) Die früher allerdings mit Presbyopie verwechselt wurde.

2) Liegt der Pupille gegenüber eine Hornhautfacette, d. h. eine aus einem geschwürigen Substanzverluste hervorgehende, bleibende Abflachung; so muss starke erworbene H die Folge sein, natürlich gepaart mit Sehstörung.

Eine Verlängerung des Hornhauthalbmessers von 7·7 Mm. um 0·5 Mm., also auf 8·2 Mm., würde (bei gleicher Lage und Brennweite der Linse und gleicher Lage der Netzhaut, wie in dem Falle des mittleren, emetropischen Auges) eine Verlängerung der hinteren Hauptbrennweite um fast 1 Mm., bewirken: die Netzhaut läge fast 1 Mm. vor B_2; es entstände H von fast 3 D $(= \frac{1}{13}'')$.

Als gemischte H (Hm) wäre der Fall zu bezeichnen, wo im Vergleich zur E sowohl Achsenverkürzung als auch Hornhautabflachung gefunden wird.

Die Brillenwahl bei Uebersichtigkeit ist noch einfacher, als bei Kurzsichtigkeit. Zum Fernsehen brauchen Sammelgläser, bei H, so lange die Sehschärfe gut ist und durch die Gläser nicht wesentlich gebessert wird, nicht getragen zu werden; sie sind anzurathen, sobald sie die Sehkraft erheblich bessern.

(Bezüglich der Sammelgläser zum Nahesehen, besonders zum Lesen, wird das Erforderliche sogleich in der Accommodations-Lehre mitgetheilt werden.)

Ein Fall der erworbenen H verdient noch besondere Beachtung, die der Star-Operirten.[1])

Ist ein emmetropisches (schematisches) Auge (mit $r_c = 7·7$) linsenlos geworden (star-operirt), so kommt nur noch die Brechung an der Hornhautfläche in Betracht.

$$F_{1c} = 3 \times r_c = 23·1$$
$$F_{2c} = 4 \times r_c = 30·8.$$

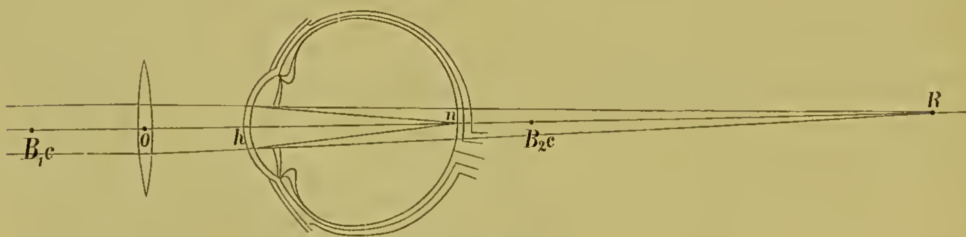


Fig. 61.

Ein paralleles, auf die Hornhaut fallendes Strahlenbündel wird in B_{2c}, d. h. 30·8 Mm. hinter der Hornhaut oder 7 Mm. hinter n, vereinigt. ($hn = 23·8$).

$$\overline{B_{2c}\,n} = -\varphi_2 = -7 \text{ Mm.}$$

Wir suchen den zu n zugeordneten Punkt für das einfache System des linsenlosen Auges:

$$F_1 F_2 = 30·8 \times 23 = 708·4 \text{ Mm.}$$
$$\varphi_1 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_2} = \frac{708·4}{-7} = -101.$$
$$\overline{RB_{1c}} = \varphi_1 = -101 \text{ Mm.}$$

1) Gewöhnlich aphakische H genannt. (ἀ- und φακός Linse).

Steht das lichtsammelnde Hilfsglas der linsenlosen H in B_{1c}, so müsste seine Brennweite etwa 100 Mm. betragen, d. h. etwa $3^2/_3$ Zoll.

Thatsächlich steht das ausgleichende Brillenglas aber nicht in B_{1c}, d. h. 23 Mm. vor der Hornhaut, sondern ungefähr in O, etwa 10 Mm. vor der letzteren: $CR = F$ wird $101-13 = 87$ Mm. oder $3^1/_4$ Zoll.

Der Fernpunkt des e gewesenen, linsenlos gewordenen Auges liegt etwa 100 Mm. hinter B_{1c}. Das Hilfsglas zum Fernsehen ist $\frac{1}{3^1/_4}$ oder $\frac{1}{3^1/_2}$".

Gewöhnlich giebt man etwas schwache Gläser, etwa $^1/_4" = 10\ D$.

Ist aber bei empirischer Feststellung das beste Fernglas wesentlich schwächer, so bestand vor der Starbildung M; ist das Fernglas wesentlich stärker, so bestand vorher H.

Ist das Fernglas $+ ^1/_6"$, so bestand vorher (ungefähr) $M = \frac{1}{x} = ^1/_4 - ^1/_6 = ^1/_{12}"$ (3 D). Ist das Fernglas null (neutral), so bestand vorher $M = ^1/_4" = 10\ D$. (Genauer $\frac{1}{3^1/_2} = 11{\cdot}5\ D$). Ist das linsenlose Auge für parallele Strahlenbündel eingerichtet, so muss es ungefähr 30 Mm. lang, d. h. kurzsichtig gebaut sein. (Zerstreuungsgläser zum Fernsehen linsenloser Augen sind sehr selten nothwendig!)

Ist das Fernglas $+ ^1/_3"$, so bestand vorher annähernd $H = ^1/_3 - ^1/_4 = ^1/_{12}"$ (3 D). [Man setze dem Star-Operirten sein früheres Fernglas auf und füge hinzu die Ersatzlinse für die entfernte Crystalllinse ($= + ^1/_4"$ oder 10 D). Die algebraische Summe beider Gläser giebt das Fernglas des Star-Operirten.]

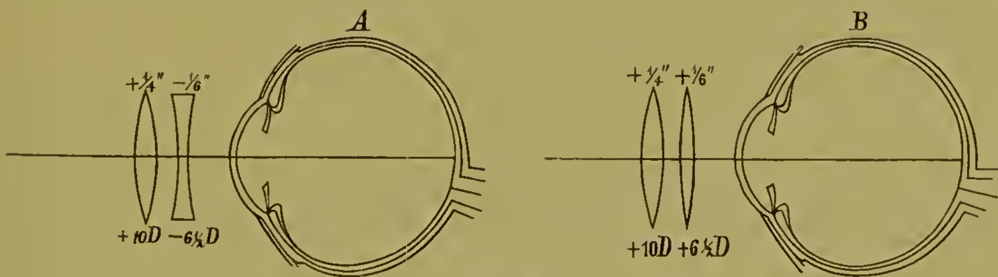


Fig. 62.

Diese bekannte und einfache Rechnung hat ein Dioptrien-Schwärmer (Badal, Annal. d'Oc., 80) retrospective Refractionsmessung bei Aphakie genannt und durch folgende Formel — verbessert: $N = \frac{8^{mm}\ 4 - 0{\cdot}75\ N_1}{0{\cdot}3}$, wo N frühere Refraction, N_1 jetzige empirische Refraction bedeutet, — natürlich Alles in Dioptrien.

Das linsenlose Auge ist accommodationslos. Aber wenn ein Fernglas von $^1/_3"$ um 1" auf der Nase weiter vom Auge abgerückt wird; so wirkt es, wie oben erläutert worden, geradeso wie an der alten Stelle das Glas von 2"; $^1/_2 - ^1/_3 = ^1/_6"$.

Der Kranke hat durch Verschieben des Sammelglases gewissermassen eine accommodative Hilfslinse von $^1/_6{}''$ sich zugelegt und kann jezt bequem lesen. Hatte er $^1/_4{}''$ zum Fernsehen, so beträgt der Werth der accommodativen Hilfslinse $^1/_3 - ^1/_4 = ^1/_{12}{}''$. Hatte er $\frac{1}{3^1/_2}$ nur um $^1/_2{}''$ verschoben, so beträgt der Werth der Hilfslinse $\frac{1}{3} - \frac{1}{3^1/_2} = ^1/_3 - ^2/_7 = ^1/_{21}$ oder etwa 2 *D*, und das Lesen gröbererer Drucke ist möglich. Hiermit vergleiche man die umständliche Rechnung in Aubert's Physiol. Optik, S. 449.

Literatur: Helmholtz, Physiol. Optik. 1856. — Donders, Anomalien der Accommodation und Refraction. 1864. — Mauthner, Optische Fehler des Auges. 1876. — Derselbe, Vorlesungen. I, 1881. — Nagel, Anomalien der Refraction, in Graefe-Sämisch. 1881, VII.

Geschichtliche Bemerkungen über die Uebersichtigkeit.

1. Die Geschichte der Uebersichtigkeit beginnt mit derjenigen der Kurzsichtigkeit d. h. mit Kepler. Doch wurde zunächst die Weitsichtigkeit (Alterssichtigkeit, Presbyopie) mit der Uebersichtigkeit (Hypermetropie) zusammengeworfen.

Schon die alten Griechen waren darin vorausgegangen. Denn die Stelle bei Paullus (Vgl. S. 128) lautet weiter: *ἐναντία δὲ πάσχουσιν οἱ γηρῶντες τοῖς μύωψι· τὰ γὰρ ἐγγὺς μὴ ὁρῶντες τὰ πόρρω βλέπουσι.* Der Satz an sich ist ja nicht falsch, nur ist er nicht umfassend genug.

Es giebt auch junge Leute, die erst durch Sammelgläser deutlich in die Ferne sehen. Dies zeigten Janin 1772, Wells 1811, Ware 1812, am klarsten Weller 1821, und viele Andere. Schon 1755 hatte Kästner den Begriff der „Hyperpresbyopie" erläutert; 1845 wurde der Zustand von Rüte als Uebersichtigkeit beschrieben und 1855 von Stellwag von Carion wissenschaftlich erklärt; aber erst seit den Untersuchungen von Donders 1860 wurde die Lehre Gemeingut der praktischen Aerzte.

Schlussbemerkung.

Diagnose des Brechzustandes.

Die richtigen Gläser sind leicht zu verordnen, wenn man nur erst den Brechzustand des Auges erforscht hat.

Dazu giebt es zwei Verfahren. Das erste ist das objective, mit Hilfe des Augenspiegels. Man bestimmt, ob dasjenige Strahlenbündel, welches von einem mittleren Punkte der mit dem Augenspiegel beleuchteten Netzhaut des fernsehenden Auges zurückkehrt, parallel ist, oder divergent, oder convergent; und für die beiden letzten Fälle, in welchem Grade. Ist das zurückkehrende Strahlenbündel parallel, so war das untersuchte Auge emmetropisch. Ist das zurückkehrende Strahlenbündel divergent, so war das untersuchte Auge für convergente Strahlenbündel eingerichtet, d. h. übersichtig. Ist das zurückkehrende Strahlenbündel convergent, so war das untersuchte Auge für divergente Strahlenbündel eingerichtet, d. h. kurzsichtig.

Maassgebend ist hier das Grundgesetz von der Umkehrbarkeit des Strahlenganges.

Der obere Pfeil zeigt den Strahlengang des eindringenden Lichtes, der untere den des zurückkehrenden. E = Emmetropie, H = Hyper-

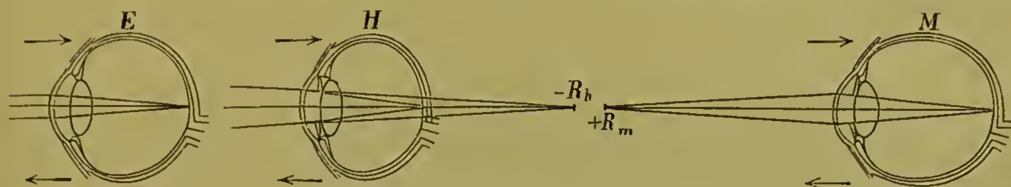


Fig. 63.

metropie, M = Myopie.

Wie diese Messung mit Hilfe des Augenspiegels gemacht wird, davon später. An dieser Stelle genügt es hervorzuheben, dass die beste und sicherste Untersuchung der Fernpunktseinstellung durch den Augenspiegel geliefert wird, — natürlich für den, welcher es gelernt hat.

Das zweite Verfahren ist das subjective, die Sehprüfung. Fünfzehn bis zwanzig Fuss (5—7 Meter) von dem Auge entfernt, werden Schrifttafeln angebracht, deren einzelne Zeichen, verschieden gross in den verschiedenen Reihen, von dem gesunden Menschenauge in 20, 50, 100, 200 Fuss (6·5 Mtr., 16 Mtr., 32·5 Mtr., 65 Mtr.) deutlich erkannt werden. Mit solchen Schriftzeichen kann man die Sehschärfe messen.

Das *e* Auge hat seine grösste Sehschärfe ohne Gläser; verliert schon an Sehschärfe durch Vorsetzen von $+ \, ^1/_{40}'' = + \, 1 \, D$ und gewinnt nicht durch $- \, ^1/_{40}'' = - \, 1 \, D$.

Das kurzsichtige Auge hat ohne Hilfsgläser eine schlechte Fernsicht und gewinnt an Sehschärfe durch Zerstreuungsgläser. Dasjenige Concavglas, mit dem es die grösste Sehschärfe erzielt (und wenn es mehrere sind, das schwächste[1]) unter ihnen,) misst den Grad der Kurzsichtigkeit.

Das übersichtige Auge gewinnt durch Sammelgläser oder verliert wenigstens nicht durch solche. Dasjenige Convexglas, mit dem die beste Fernsicht erzielt wird (und, wenn es mehrere sind, das stärkste[2]) unter ihnen,) misst den Grad der Uebersichtigkeit.

---

1) Wir besitzen eine positive Accommodation, d. h. wir können durch willkürliche Verdickung unserer Crystall-Linse die Wirkung eines dem Auge vorgesetzten Zerstreuungsglases aufheben. Wird mit zwei merklich verschiedenen Concavgläsern dieselbe Fernsicht angegeben, so war unter dem stärkeren der Unterschied zwischen den beiden Concavgläsern durch Accommodation ausgeglichen.

2) Da unsere willkürliche Accommodation positiv ist; so war unter dem schwächeren Convexglas der Unterschied zwischen beiden Convexgläsern durch Verdickung der Crystall-Linse ausgeglichen.

Optometer[1]) zur subjectiven Messung der Fernpunktslage sind vielfach empfohlen; aber heutzutage so ziemlich zu entbehren, da wir Augenspiegel und Brillenkasten benutzen.

---

1) Sehweiten-Messer, von *μέτρον* Maas und *ὀπτός,* sichtbar, oder — gebraten. Ueber die erste Bedeutung witzelten schon die alten Griechen. (*Τὸν ὠμὸν ἰχθὺν ὀπτὸν εἶναι*). Der Name Optometer und das erste Instrument dieser Art stammt von Porterfield (1748).

Fünfter Abschnitt.

Accommodation.

Bisher haben wir die ruhende Fernpunkts-Einstellung[a] erörtert, welche dem Auge durch seinen anatomischen Bau zukommt und bei unthätiger Accommodation, d. h. bei abgeflachter Form der Crystall-Linse, ihm eigen ist.

[a] statische Refraction.

Aber das gesunde Auge ist nicht immer für seinen Fernpunkt eingestellt, sondern besitzt auch noch die Fähigkeit, für nähere Punkte sich einrichten, d. h. von denselben scharfe Netzhautbilder zu gewinnen. Ueber die Ursachen dieser Einrichtung oder Accommodation[1]) hat man seit mehreren Jahrhunderten zahlreiche Vermuthungen aufgestellt und schliesslich, in unserem Jahrhundert, auch richtige Anschanungen gewonnen.

Ist das Auge auf einen fernen Punkt scharf eingestellt, so kann es von einem nahen Punkt nicht gleichzeitig ein scharfes Bild entwerfen, ebensowenig wie die unbelebte Dunkelkammer des Photographen. Blickt ein normalsichtiges Auge durch ein 15 Ctm. entferntes, mit Florgewebe bedecktes Planglas auf die etwa 5 Mtr. entfernte Schriftprobentafel, so erscheint das nahe Gewebe ganz verschwommen; sowie es aber die Fäden des Gewebes scharf erkennt, sind die fernen Buchstaben verwaschen.

Eine merkliche Zeit (von ungefähr $1^1/_2$ Secunden) ist erforderlich, um von der Fern- zur Nahepunktseinstellung überzugehen; und etwas weniger (ungefähr 1 Secunde), um vom Nahepunkt zum Fernpunkt zurückzukehren.[2])

---

1) Kepler, Dioptr., Propos. LXIII. (Opera omnia. Ed. Frisch 1859, II p. 540.) Non est possibile, ut retiformis, retinens eundem situm in oculo, tam a propinquis quam a remotis distincte pingatur.

Pemberton, de facultate oculi qua ad diversas distantias se accommodat. 1719.

2) Vierordt, Arch. f. physiol. Heilk. 1857. N. F. I, 171. — Aeby, Zeitschr. f. rat. Med. 1861. N. F. XI. 300. — Schmidt-Rimpler, Arch. f. O. XXVI, I, 1880.

Gleichzeitig fühlt der Beobachter unmittelbar, dass bei starker Anspannung der Accommodation eine Veränderung in seinem Auge vorgeht. Welcher Art jedoch dieselbe sei, vermögen wir aus unseren eigenen Empfindungen nicht zu erschliessen; dazu brauchen wir objective Untersuchungen an den Augen anderer Menschen.

Die Möglichkeiten sind in den Schriften über Optik von Kepler bis Helmholtz erörtert.

Stärkere Wölbung der Hornhaut, oder der Linse, oder Abrücken der Linse von der Netzhaut, oder der Netzhaut von der Linse würde die geforderte Verstärkung der Lichtbrechung zu leisten im Stande sein. Lange Zeit hindurch war die Meinung vorherrschend, dass das willkürliche zeitweise Nahesehen jedes Auges auf Verlängerung desselben, durch Druck der vier geraden Augenmuskel, beruhe; während ja in der That das dauernde Nahesehen des kurzsichtigen Auges auf Verlängerung der Sehachse zu beziehen ist. Thomas Young hat, am Ende des vorigen Jahrhunderts, diese Annahme gründlich widerlegt, durch Versuche, die ebenso sinnreich wie gefährlich waren: opfermuthig klemmte er sein kurzsichtiges Auge zwischen zwei Eisenringe derartig ein, dass jede Verlängerung desselben unmöglich war; dennoch blieb die Accomodation erhalten. Tauchte er sein Auge unter Wasser, so dass die Hornhautbrechung ausgeschaltet wurde; so blieb trotzdem die Accommodation erhalten. So kam er durch Ausschliessung zu der Ansicht, dass eine Verstärkung der Linsenkrümmung das Wesentliche bei dem Accommodationsvorgang sei und erhärtete seine Ansicht an Star-Operirten; denn er wies nach, dass diese keine Accommodation besitzen.

Den positiven Beweis lieferte Max Langenbeck (1840). Bei der Accommodation für die Nähe wird das von der Vorderfläche der Crystall-Linse gespiegelte Bild einer Lichtflamme verkleinert, also die vordere Linsenfläche stärker gewölbt, so dass sie eine stärkere Brechung des Lichtes entfaltet.

Die Vorderfläche der Crystall-Linse stellt einen kleinen Convexspiegel dar. Die Bilder, welche ein feststehender Convexspiegel von dem nämlichen fernen Gegenstand liefert, fallen um so kleiner aus, je kürzer sein Halbmesser, d. h. je stärker seine Krümmung.

Das sieht man sofort, wenn dieselbe ferne Lichtflamme gespiegelt wird von zwei verschieden grossen, neben einander stehenden Thermometerkugeln, oder auch von der Vorderfläche zweier verschiedener Sammelgläser des Brillenkastens, z. B. + 20 *D.* und + 10 *D.*

Dies begreift man sofort aus der folgenden Betrachtung (Fig. 64).

1) $S_1 S_2$ sei ein gewölbter Kugelspiegel von kleiner Oeffnung, *DE* ein der

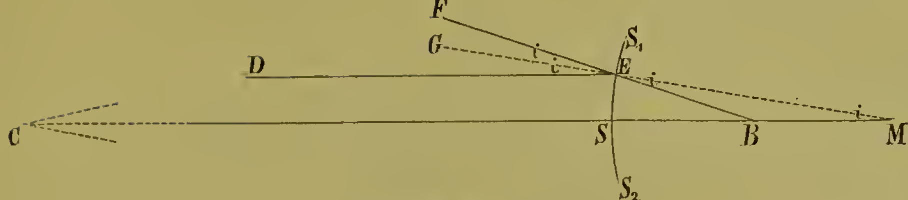


Fig. 64.

Hauptachse SM parallel einfallender Strahl. MEG, der verlängerte Halbmesser der Kugel, ist das Einfallsloth, EF der zurückgeworfene Strahl.

Einfallswinkel gleich Reflexionswinkel. EF schneidet, rückwärts verlängert, die Hauptachse in B.

$\triangle$ EBM ist gleichwinklig, $\angle$ da $BEM = \angle BME = i$. $BE = BM$. So lange die Oeffnung des Spiegels $S_1 S_2$ gegen r sehr klein ist, weicht BE nicht merklich von BS ab. Folglich wird $BS = BM = \frac{r}{2}$.

Alle zwischen S und S_1 einfallenden Strahlen des der Hauptachse parallelen Bündels zielen, nach der Zurückwerfung, auf den Punkt B. B ist der negative Brennpunkt des gewölbten Kugelspiegels, der Vereinigungspunkt des von dem sehr fernen, in der Hauptachse belegenen Lichtpunkts C. —

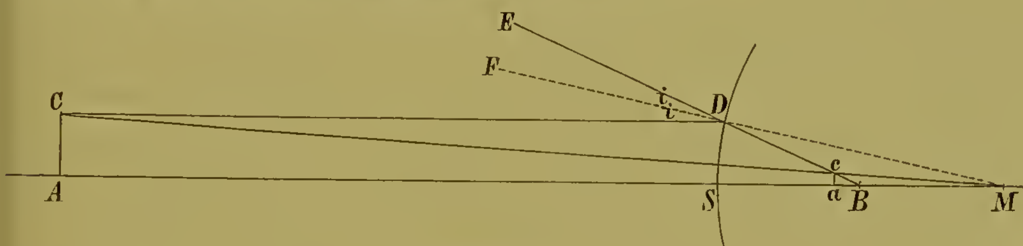


Fig. 65.

2) In Fig. 65 sei C ein Punkt des Gegenstandes AC. Der von C ausfahrende, der Hauptachse parallele Strahl geht nach der Zurückwerfung, rückwärts verlängert, durch B. Der von C ausfahrende Strahl CM, der lothrecht einfällt, wird nicht abgelenkt. Beide schneiden sich in c; c ist der Bildpunkt von C; ca das Bild von CA.

$$\frac{ca}{CA} = \frac{aM}{AM}.$$

Das Bild b verhält sich zum Gegenstand G wie die Bild-Entfernung e (vom Krümmungsmittelpunkt) zur Gegenstands-Entfernung E.

$$\frac{b}{G} = \frac{e}{E} \text{ oder}$$

$$b = \frac{G}{E} \cdot e.$$

Ist AM ($= E$) sehr gross gegen r; so wird $e = \frac{r}{2}$. [Nach 1).]

$$b = \frac{G}{2E} \cdot r.$$

$\frac{G}{2E}$ ist für unsern Versuch eine Constante.

b wird proportional zu r.

Cramer verfolgte den Gedanken Langenbeck's mit Hilfe vergrössernder Lupen und Mikroskope.

v. Helmholtz endlich hat die accommodative Wölbung (Verdickung) der Crystalllinse mit seinem Ophthalmometer endgiltig festgestellt.[1] Die objectiven Veränderungen, welche man bei Accommodationsänderungen am Auge eines Anderen beobachten kann, sind die folgenden: 1) Die Pupille verengt sich bei der Accommodation für die Nähe, erweitert sich bei der für die Ferne. 2) Der Pupillarrand der Iris und der Pupillentheil der vorderen Linsenfläche verschieben sich etwas nach vorn bei der Accommodation für die Nähe.[2] 3) Die Vorderfläche der Crystall-Linse wird gewölbter beim Nahesehen, flacher beim Fernsehen. 4) Auch die Hinterfläche der Crystalllinse wölbt sich stärker beim Nahesehen, jedoch in geringem Grade.[3] Die Crystall-Linse wird also beim Nahesehen dicker,[4] während die hintere Fläche ihren Ort nicht verlässt, und natürlich die Durchmesser ihrer Aequatorialebene sich verkürzen. Durch die stärkere Wölbung der Oberflächen der Linse wird ihre Brennweite verkürzt,[5] während ihre Hauptpunkte sich gleichzeitig nach vorn verschieben. Beide Umstände tragen dazu bei, das von der Hornhaut convergent gemachte Strahlenbündel eines leuchtenden Punktes eher zur Vereinigung zu bringen, als dies in dem fernsehenden Auge geschieht. Die Grösse der an der Linse beobachteten Veränderungen scheint auch auszureichen, um die Breite der Accommodation des lebenden Auges zu erklären. 5) Der peripherische Rand der Iris weicht beim Nahesehen nach hinten.

Aus diesen Thatsachen hat Hr. v. Helmholtz die folgende Ansicht über den Mechanismus der Accommodation hergeleitet. Die von der Kapsel umgebene Crystall-Linse ist eine elastische Masse und wird, im Ruhezustand des Strahlenkörper-Muskels,[a] durch den Zug des an ihrem Rande sich anheftenden Aufhängebandes[b] in radialer Richtung etwas gedehnt und daher in axialer Richtung, d. h. von vorn nach hinten, etwas zusammengepresst. Der äussere Rand des Aufhängebandes ist ziemlich fest mit den Ciliarfirsten und dadurch mit der Aderhaut verbunden, so dass Linse, Aufhängeband und Aderhaut eine vollständig geschlossene, vom Glaskörper prall gefüllte Kapsel bilden. Der Flüssigkeitsdruck im Glaskörper unterhält die Spannung jener

a) Musculus ciliaris.
b) Zonula.

---

1) Monatsber. d. berl. Akad. 1853. 137. A. f. O. I, 2, 1—74. Physiol. Opt., I. Aufl. S. 103, fgd.; II. Aufl. S. 131 fgd.

2) Etwa um 0,5 Mm.

3) Der Krümmungshalbmesser der vorderen Linsenfläche verkleinerte sich in einem Beispiel von 10 auf 6 Mm., der der hinteren von 6 auf $5^1/_2$.

4) Etwa auf 4 Mm., aus $3^1/_2$ Mm.

5) Etwa auf 40 Mm, aus 50.
Unterschied $^1/_{200}$ Mm., das entspricht einem Glas von + 5 Dioptr.

Kapsel. Die in Richtung der Meridiane verlaufenden Radiärfasern des Ciliarmuskels, welche vorn am Schlemm'schen Canal anfangen und hinten am hinteren Ende der Ciliarfortsätze im Gewebe der Aderhaut endigen, müssen bei ihrer Zusammenziehung das dort mit der Aderhaut fest verbundene hintere Ende der Zonula nach vorn ziehen und dadurch die Spannung der letzteren aufheben, so dass die Linse sich stärker wölbt. Gleichzeitig wird der peripherische Ansatz der Iris nach hinten gepresst und Platz gewonnen für die wässerige Feuchtigkeit, welche durch die Wölbung der Crystall-Linse an Raum verliert.

Sowie die thätige Anspannung des Strahlenmuskels nachlässt, treten die Zonula-Fasern wieder zurück und umschnüren von Neuem die Crystall-Linse wie mit einer häutigen Schlinge und geben ihr wieder die flachere Form.

Die Einstellung für die Nähe ist activ, durch Muskelzusammenziehung; die Einstellung für die Ferne ist passiv, durch Elasticität.

Die accommodative Verschiebung der Aderhaut nach vorn ist von Hensen und Völkers[1] durch den Versuch nachgewiesen worden.

Der Accommodationsnerv gehört dem dritten Hirnnerven[a] an. Durch Versuche an Hunden haben die genannten Forscher das Folgende bewiesen[2]:

[a] Oculomotorius.

1) Der Oculomotorius enthält die Nervenfasern für die Accommodationsthätigkeit und für die Verengerung der Pupille; diese Fasern verlaufen in den vordersten Strängen seiner Wurzeln.

2) Der hinterste Theil des Bodens der dritten Hirnkammer[b] und der Boden der Silvius'schen Wasserleitung[c] enthalten die Kerne oder Centren für die erwähnten Muskelbewegungen und zwar ergiebt die Reizung der aufeinander folgenden Theile der erwähnten Gegend nach einander die folgenden Bewegungen:

[b] Ventrikel.
[c] Aquaeduct. Silvii.

a) Accommodation für die Nähe, b) Pupillenverengerung, c) Zusammenziehung des inneren graden Augenmuskels,[α] d) des oberen,[β] e) des Lidhebers,[γ] f) des unteren graden,[δ] g) des unteren schiefen.[ε]

[α] Rectus internus.
[β] Rect. superior.
[γ] Levat. palp. sup.
[δ] Rect. inferior.
[ε] Obliq. inferior.

Bei vollständiger Lähmung des ganzen Oculomotorius ist einerseits die Pupille erweitert,[3] andrerseits die Accommodation gelähmt.

---

1) Accommodation, Kiel 1868. Arch. f. O. XIX, I, 151.

2) A. f. Ophth. XXIV, 1878.

3) Auf 6 bis 7 Mm. Durch Atropineinträufelung wird die gelähmte Pupille noch weiter (8 Mm. und darüber). — In einigen Fällen ist gleichzeitig Pupille und Accommodation gelähmt,[a] in anderen Fällen nur die Accommodation,[b] in noch anderen Fällen nur die Pupille.[c]

[a] Ophthalmoplegia.
[b] nach Halsdiphtherie.
[c] Bei beginnender allgemeiner Paralyse.

Der Oculomotoriusnerv giebt bekanntlich die kurze Wurzel zum Blendungsknoten[α]) ab. Die lange Wurzel stammt vom Trigeminus, dem sich sympathische Fasern beimischen. Reizung des Knotens bewirkt Accommodation für die Nähe und Pupillenverengerung. Die Ciliarnerven, welche aus dem Knoten hervor- und zum Auge treten, sind gemischt, da sie Fasern vom 3., vom 5. Hirnnerv und vom sympathischen Nerven enthalten.

α) Ganglion ciliare.

Die Accommodation für die Nähe erfolgt willkürlich durch unseren Willensantrieb, bei der Betrachtung, ja sogar bei der Vorstellung eines nahen Gegenstandes, und zwar immer gleichzeitig auf beiden Augen, unter Verengerung der Pupillen. Dabei besteht der Ciliarmuskel des Menschen aus glatten Fasern.[1])

Die Einträuflung[2]) der Lösung gewisser Alkaloïd-Salze,[a]) des Atropin, Hyoscyamin, Hyoscin, bewirkt örtlich einerseits Erweiterung der Pupille, andrerseits Lähmung der Accommodation, d. h. zwangsweise Einstellung des Auges auf seinen Fernpunkt. Die Einträuflung der Lösung andrer Alkaloïdsalze,[b]) des Physostigmin und des Pilocarpin, bewirkt einerseits Verengerung der Pupille, andrerseits Krampf der Accommodation, d. h. zwangsweise Einstellung des Auges auf seinen Nahepunkt.

a) Mydriatica.

b) Miotica.

Nach diesen physiologischen Vorbemerkungen ist die nächste praktische Frage die nach dem Maass der Accommodation.

Um eine einheitliche Auffassung der Lichtbewegung im Auge zu gewinnen, müssen wir das Maass der Accommodation dem der Refraction entsprechend gestalten. Das Maass der Accommodation wird gegeben durch die Brechkraft derjenigen Glaslinse, welche dasselbe leistet, wie die willkürliche accommodative Verdickung der Crystall-Linse des Auges. (Young, Donders.)

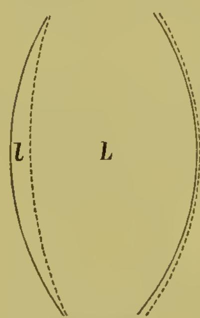


Fig. 66.

In Fig. 66 ist übersichtlich[3]), in fünffacher Vergrösserung, die flache Gestalt der Crystall-Linse L punktirt, die gewölbte ausgezogen. Das Wesentliche der Veränderung besteht darin, dass der Meniscus l sich zu L hinzufügt.

1) Im Gegensatz dazu steht das Herz, welches aus quer gestreiften Muskelfasern zusammengesetzt ist und unwillkürlich sich zusammenzieht.

2) Auch die innerliche Verabreichung oder Einspritzung unter die Haut bei genügend grosser Gabe. Pupillen-Erweiterung ist Zeichen der Atropin-, Verengerung der Morphium-Vergiftung.

3) Die Fig. 70 in Helmholtz, Phys. Opt. (II. Aufl.), welche in so viele Bücher übergegangen ist, giebt das doppelte der wirklichen Linsenverdickung.

Allerdings vermögen wir die Brechkraft, bezw. die Hauptbrennweite von l nicht unmittelbar am lebenden Auge zu messen, wenigstens nicht ohne schwierige und zeitraubende Untersuchung.[1]) Aber wir können leicht diejenige Glaslinse ermitteln, welche, dem Auge dicht vorgesetzt, dieselbe Wirkung entfaltet, wie wenn innerhalb des Auges der abgeflachten Crystall-Linse bei ihrer Wölbung gewissermassen ein Meniscus aufgesetzt wird.

Fig. 67 zeige ein nahezu emmetropisches Auge, welches also im Ruhezustand seiner Accommodation für nahezu parallele Strahlenbündel

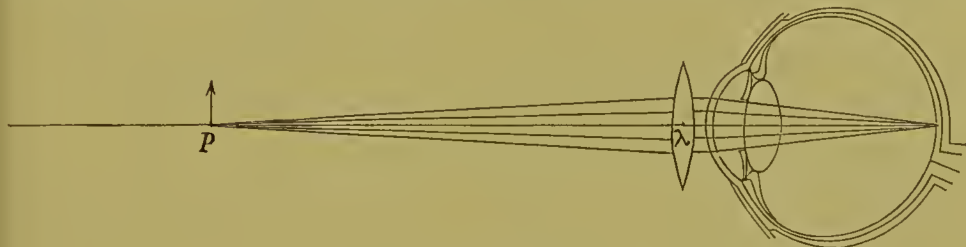


Fig. 67.

eingerichtet ist und welches durch Anspannung seiner Accommodation noch bis etwa 4 Zoll = 10 Ctm. sehr feine Druckschrift zu lesen vermag. Jetzt lähmen wir die Accommodation vollständig durch Atropineinträuflung und nehmen an, dass hierdurch die Fernpunktseinstellung nicht wesentlich geändert werde:[2]) das Auge ist jetzt zwangsweise für parallele Strahlenbündel eingestellt. Soll dieses Auge fortfahren, in 4 Zoll = 10 Ctm. Entfernung feine Schrift zu lesen, so muss ihm eine lichtsammelnde Hilfslinse λ vorgesetzt werden, welche das von P ausfahrende divergirende Strahlenbündel in ein paralleles umwandelt.

Die Brennweite dieser gläsernen Hilfslinse ist gleich $P\lambda$, also nahezu gleich 4 Zoll oder 10 Ctm.; ihre Brechkraft ist gleich $^1/_4$ Zoll oder 10 D. Diese Brechkraft der Hilfslinse ist das Maass der Accommodation in dem vorliegenden Beispiel. (Fig. 67.)[3])

---

1) Rechung. Für den Meniscus l gilt

$$F = \frac{n_1\, n_2\, r_1\, r_2}{(n_2 - n_1)\,[n_2\,(r_2 - r_1) + D\,(n_2 - n_1)]}$$
$$= \frac{1.33 \times 1.44 \times 6 \times 10}{0.1\,[1.4 \times 4 + 0.5 \times 0.1]} = 208 \text{ Mm.}$$

in runder Zahl.

2) Wir werden gut thun, zu dem wirklichen Versuch ein leicht kurzsichtiges Auge zu wählen. Wenigstens sind die scheinbar emmetropischen Augen jugendlicher Menschen, denen eine genügende Accommodationsbreite zukommt, nach der Atropinisirung meistens übersichtig geworden.

3) Der Bequemlichkeit halber ist der Gegenstand nicht 4″, sondern 2″ = 5 Ctm. entfernt von der Linse λ gezeichnet.

Um die **allgemeine Gleichung** für das Maass der Accommodation $\left(\frac{1}{A}\right)$ zu finden, gehen wir aus von dem **anschaulichen** Fall eines kurzsichtigen[1]) Auges. Sein Fernpunkt sei R, sein Nahepunkt P, die Einstellungs-Strecke ist $\overline{RP}$.

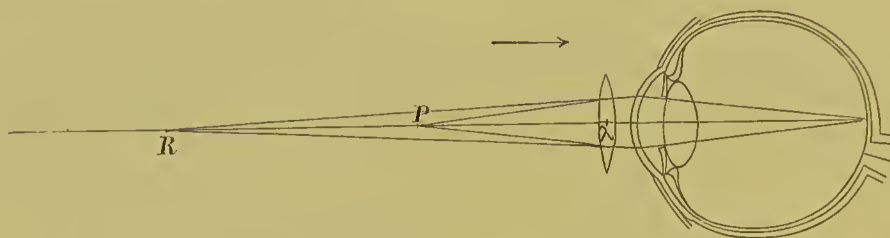


Fig. 68.

Fragen wir nach der Brechkraft derjenigen Glaslinse λ, welche das von dem Nahepunkt P ausfahrende Strahlenbündel so weit sammelt, dass es um soviel weniger divergent auf das Auge fällt, als ob es von dem Fernpunkt R ausginge; fragen wir also nach der Brechkraft derjenigen Glaslinse, welche dem atropinisirten Auge die **Accommodation** von R nach P **ersetzen** würde: so ist es genau dieselbe Sammellinse, welche, als Lupe wirkend, den Nahepunkt P nach dem Fernpunkt R versetzt, für welche also P und R ein Paar zusammengeordneter Bildpunkte darstellen. Wenn wir nunmehr die Entfernung λP mit P, λR mit R und die Brennweite der gesuchten Linse mit A bezeichnen; so gilt $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$.

(Der Bildpunkt R liegt in diesem Fall **vor** der Sammellinse; auf derselben Seite, wie der Gegenstandspunkt P; folglich erhält die Bildentfernung das negative Vorzeichen.)[2])

Die gefundene Gleichung ist **allgemeingiltig**, da wir über die thatsächliche Grösse der Strecken P und R keinerlei besondere Annahme gemacht haben. Sie gilt für **jeden Fall** von Kurzsichtigkeit. Sie gilt ferner auch für Emmetropie. Emmetropie ist als Grenzfall der Kurzsichtigkeit zu betrachten; setzen wir R sehr gross gegen die Länge des Auges, so geht M in E über. Dann wird aber

1) Den „unendlich fernen" Fernpunkt des emmetropischen Auges können wir in der Zeichnung nicht darstellen.

2) $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}$. Vgl. Gl. III, S. 90.

$\frac{1}{R} = \frac{1}{\infty} =$ null, d. h. in unserer Gleichung verschwindet das Endglied; es bleibt $\frac{1}{A} = \frac{1}{P}$.

Für E ist also das Maass der Accommodation unmittelbar gleich der Brechkraft derjenigen Linse, deren Hauptbrennweite gleich dem Nahepunktsabstand des Auges. Diesen Fall hatten wir bereits vorher abgehandelt (S. 145). Für M gilt hingegen $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R}$. Der Kurzsichtige braucht weniger Accommodation, als der Emmetropische mit demselben Nahepunkt.

Endlich gilt die gefundene Gleichung auch für den Fall der Uebersichtigkeit; nur muss hier natürlich die Strecke R negativ gesetzt werden, da der Fernpunkt des Uebersichtigen hinter seinem Auge belegen ist.

$$\text{Aus } \frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \left(\frac{1}{-R}\right) \text{ erhalten wir}$$

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}.$$

Der atropinisirte Hypermetrop braucht zwei Hilfslinsen zum Ersatz seiner Accommodation: die eine von der Brechkraft $\frac{1}{R}$, um den scheinbaren Mangel seines Auges für das Fernsehen auszugleichen, bezw. sein Auge e zu machen; die zweite, von der Brechkraft $\frac{1}{P}$, um dieses nunmehr e Auge für den Nahepunkt P einzustellen.

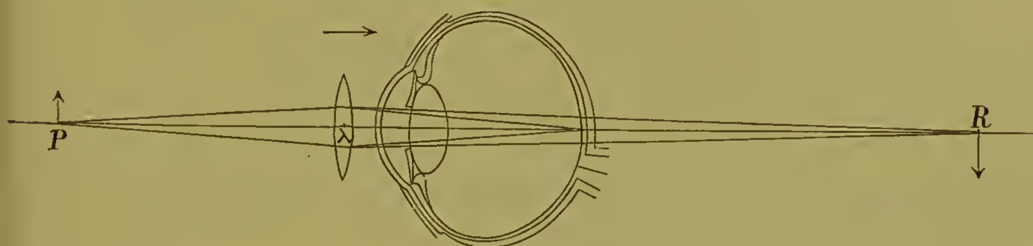


Fig. 69.

Man sieht auch sofort, dass wirklich für das übersichtige Auge die Gleichung so lauten muss, nämlich $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}$. Der Fernpunkt R des h Auges liegt hinter demselben. Wir nehmen einen wirklichen[a] Nahepunkt P vor dem Auge an. Soll die Hilfslinse λ die Accommodation des h Auges A ersetzen, d. h. das von P aus-

[a] reellen.

fahrende Strahlenbündel derart sammeln, dass es nach R convergirt, — dass es also durch die Wirkung der lichtbrechenden Mittel des atropinisirten h Auges schliesslich zur punktförmigen Vereinigung auf der Netzhaut gebracht werde: so müssen P und R zwei in Beziehung auf die Hilfslinse λ zu einander gehörige Bildpunkte darstellen, von denen der eine, der Gegenstandspunkt P, vor der Linse; der andre, der Bildpunkt R, hinter der letzteren belegen ist. Es gilt also die gewöhnliche Linsengleichung $\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$, oder in unserer besonderen Schreibweise $\frac{1}{A} = \frac{1}{P} + \frac{1}{R}$.

Nachdem wir so ein einfaches Maass für die Accommodation gewonnen, können wir daran gehen, die menschlichen Augen auf ihre Accommodationsbreite $\left(\frac{1}{A}\right)$ zu untersuchen.

In älteren Büchern, schon in Kepler's Dioptrik, findet man die Angabe, dass Gelehrte gut für die Nähe, Jäger und Hirten besser für die Ferne sich einstellen. Dies ist eine Fabel. Die Accommodationsbreite hängt, bei Gesundheit der Augen und des Körpers, nicht vom Beruf und Gewöhnung ab, auch nicht einmal von der Fernpunktslage; sondern lediglich vom Lebensalter.

Die Accommodationsbreite ist eine Function des Lebensalters. Sie sinkt vom 6. oder 10. Lebensjahr, wo sie zuerst ganz genau geprüft werden kann (und grösser, als $\frac{1}{3}''$ oder 13 D gefunden wird,) ganz regelmässig bis zum 75. Lebensjahre, wo sie null geworden. Es giebt nur wenige Zustände des menschlichen Körpers, welche so genau mit dem Lebensalter zusammenhängen, wie gerade die Accommodationsbreite.

Wodurch ist die mit den Jahren regelmässig zunehmende Verringerung der Accommodationsbreite eigentlich bedingt? Etwa durch zunehmende Schwäche des Accommodationsmuskels? Für diese Annahme fehlt jede erfahrungsmässige Grundlage und jede Analogie. Der Ciliarmuskel schrumpft nicht im Jünglings- und Mannes-Alter. Kein andrer Muskel des Menschen ist im 20ten Jahr schwächer als im 10ten; und im 30ten wieder schwächer, als im 20ten. Wir können die accommodative Thätigkeit mit dem Emporhebeln einer Last vergleichen. Die nämliche Muskelkraft vermag eine um so grössere Last zu heben, je günstiger der Hebel gebaut ist.

Der Accommodationsmuskel mag bis gegen den Anfang des Greisenalters kräftig bleiben. Aber das passive Werkzeug, worauf er wirkt, die Crystall-Linse, wird immer ungünstiger, nämlich härter; so dass sie dem Zuge der Elasticität nicht mehr so folgen kann, wie früher.

Die allmähliche Verhärtung der aus Deckzellen[a] abstammenden Linsenfasern beginnt aber schon in der Jugend und nimmt mit den Jahren ganz regelmässig zu: genau so wie die weiche, zarte Oberhaut des Kindes ganz allmählich, aber sicher, in die sprödere der Greise sich umwandelt.

[a] Epidermis.

Hieraus wird die Tafel der Accommodationsbreiten verständlich, welche Donders nach seinen klassischen Messungen aufgestellt hat, und die durch die tägliche Erfahrung bei der Brillenwahl ihre Bestätigung findet.

Lebensalter (Jahre)	Accommodationsbreite		Nahepunkt bei Emmetropie	
	Zollmaass	Dioptrien	Zoll	Centimeter
10	$\frac{1}{2\frac{3}{4}}$	14.5	$2^{3}/_{4}$	7
15	$\frac{1}{3}$	13	3	7.5
20	$\frac{1}{4}$	10	4	10
30	$\frac{1}{5\frac{1}{2}}$	7	$5^{1}/_{2}$	13.75
40	$\frac{1}{9}$	4.5	9	22.5
50	$\frac{1}{16}$	2.5	16	40
60	$\frac{1}{40}$	1	40	100
70	$\frac{1}{160}$	0.25	160	400
75	0	0	∞	∞

Wie ermittelt man in der Praxis den Nahepunkt, und damit die Accommodationsbreite, wenn der Fernpunkt schon vorher gefunden worden?

Alle Optometer sind zu verwerfen, sowohl für die Fern- wie auch für die Nahepunktsbestimmung.

Am einfachsten und sichersten ist es, die kleinste Entfernung zu ermitteln, in welcher noch feinste Schrift gelesen wird. Bei Kurzsichtigen und bei nicht zu alten Emmetropen ist dies unmittelbar auszuführen. Bei erheblicher Verringerung der Accommodationsbreite und bei stärkerer Übersichtigkeit sind

Sammelgläser zu Hilfe zu nehmen, aus deren Stärke die Lage des Nahepunkts leicht berechnet werden kann.

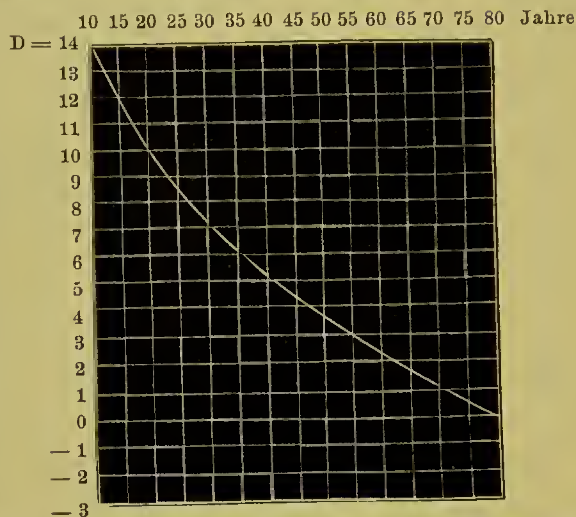


Fig. 70. Bildliche Darstellung der Accommodationsbreite in den verschiedenen Lebensaltern.

Einige Beispiele werden dies klar machen und zugleich lehren, wie die Lage der A c c o m m o d a t i o n s s t r e c k e, innerhalb deren das zu prüfende Auge entsprechend feine Gegenstände scharf zu sehen vermag, bei der gleichen Breite der Accommodation durch die Verschiedenheit der Refraction beeinflusst wird.

I) Zunächst wählen wir sonst gesunde Menschen im Alter von 20 Jahren, also mit einer Accommodationsbreite von $\frac{1}{4}'' = 10\, D$.

1) Das Auge, dessen Knotenpunkt in K liegt, sei mit Kurzsichtigkeit $\frac{1}{4}'' = 10\, D$ behaftet. Dasselbe liest feinste Schrift bis auf un-

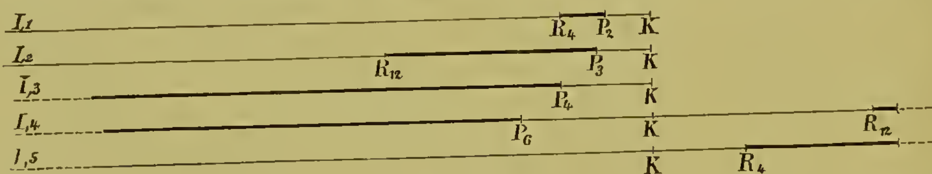


Fig. 71.

gefähr $4'' = 10$ Ctm. vom Auge ab und bis auf $2'' = 5$ Ctm. an das Auge heran.[1])

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{2} - \frac{1}{4} = \frac{1}{4} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{R} = \frac{1}{P} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}.$$

2) Das Auge sei mit Kurzsichtigkeit $\frac{1}{12}'' = 3\, D$ behaftet: dasselbe liest feinste Schrift von $12'' = 30$ Ctm. bis $3'' = 7{,}5$ Ctm.

1) In der Figur 71 sind die Entfernungen auf $^1/_5$ verkleinert.

$\frac{1}{4} + \frac{1}{12} = \frac{1}{3}$. Die Accommodationsstrecke liegt hier schon weit günstiger.

3) Das Auge sei *e*. Es erkennt die normalen Schriftproben auf $20' = 7$ Mtr. und liest feinsten Druck bis auf $4'' = 10$ Ctm. Annäherung.

$$\frac{1}{A} + \frac{1}{R} = \frac{1}{P}$$

$$\frac{1}{4} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{4}$$

Die Accommodationsstrecke liegt sehr günstig. Sie reicht mit dem einen Ende bis in die weiteste Entfernung, mit dem andern bis auf $4'' = 10$ Ctm. an das Auge heran.

Dieser ganz ungeheure Sehbereich ist es, welcher dem stark kurzsichtigen Auge (I, 1) fehlt. Dagegen fehlt des letzteren Sehbereich (von 4 bis $2''$, von 10 bis 5 Ctm.) dem *e* Auge, — ohne Nachtheil. Denn wenn es gerade diese Strecke einmal braucht, setzt es sich eine Lupe von $4''$ (10 Ctm.) Brennweite auf, — dieselbe, mit der jenes stark kurzsichtige Auge (im Vergleich zum *e*) scheinbar dauernd behaftet ist.

4) Das Auge habe Uebersichtigkeit $\frac{1}{12}'' = 3\,D$.

$$\frac{1}{A} = \frac{1}{P} + \frac{1}{R} \text{ oder } \frac{1}{A} - \frac{1}{R} = \frac{1}{P}, \quad \frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}.$$

Der Nahepunkt liegt $6'' = 15$ Ctm. vor dem Auge und kann unmittelbar, ohne Hilfsgläser, ermittelt werden.

Wenn ein sonst gesunder Mensch von 20 Jahren gut in die Ferne sieht, aber feinste Schrift nicht bis auf $4'' = 10$ Ctm., sondern nur bis auf $6'' = 15$ Ctm. zu lesen vermag; so ist zunächst immer auf Übersichtigkeit zu prüfen.

Die Accommodationsstrecke dieses *h* Auges zerfällt in 2 Theile. Der eine ist negativ, für wirkliche Gegenstände unbrauchbar, hinter dem Auge belegen, von R_{12} bis „unendlich weit“ hinter dem Auge. Der zweite Theil ist positiv, liegt vor dem Auge und reicht von „unendlich weit“ bis zu P_6, d. h. $6'' = 15$ Ctm. an das Auge heran.

5) Das Auge habe $H\frac{1}{4}'' = 10\,D$.

Dann wird $\frac{1}{P} = \frac{1}{A} - \frac{1}{R} = \frac{1}{4} - \frac{1}{4} = 0 = \frac{1}{\infty}$, d. h. *P* liegt „unendlich weit“ vom Auge. Dasselbe hat nur eine negative Accommodationstrecke, es vermag für keinen in endlicher Entfernung belegenen Gegenstand sich einzustellen, — ohne Hilfsgläser.

II) Jetzt betrachten wir die gleichen Refractionszustände an 38jährigen Menschen, bei denen $\frac{1}{A} = \frac{1}{8}'' = 5\ D$, um die verschiedene Lage der Accommodationsstrecke festzustellen.

$$1)\ M\frac{1}{4}'' = 10\,D,\ \frac{1}{P} = \frac{1}{A} + \frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{4} = \frac{3}{8} = \frac{1}{2\frac{1}{2}}.$$

Der Nahepunkt ist in den 18 Jahren nur von 2 auf $2\frac{1}{2}''$ (von 5 auf 6,25 Ctm.) abgerückt.

$$2)\ M\frac{1}{12}'' = 3\,D,\ \frac{1}{P} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{1}{6}.$$

Das Abrücken des Nahepunktes (von 3 auf 6″, von 7,5 auf 15 Ctm.) macht sich in diesem Fall schon mehr geltend. Nichtärzte verwechseln dies mit Abnahme der Kurzsichtigkeit. (Abrücken des Fernpunktes!)

$$3)\ E \cdot \frac{1}{P} = \frac{1}{A} + \frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{\infty} = \frac{1}{8}.$$

Der Nahepunkt ist von 4″ auf 8″, von 10 auf 20 Ctm. abgerückt.

$$4)\ H\frac{1}{12}'' = 3\,D \cdot \frac{1}{P} = \frac{1}{A} - \frac{1}{R} = \frac{1}{8} - \frac{1}{12}'' = \frac{1}{24}''.$$

Der Nahepunkt ist bedeutend abgerückt, von 6″ auf 24″, oder von 15 Ctm. auf 60 Ctm.

Lesen feiner Schrift ist ohne Sammelglas nicht mehr möglich, da hierzu ein Abstand des Buches auf 12″ = 30 Ctm. erforderlich wird.

$$5)\ H\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{P} = \frac{1}{A} - \frac{1}{R} = \frac{1}{8} - \frac{1}{4} = -\frac{1}{8}.$$

Der Nahepunkt liegt 8″ = 20 Ctm. hinter dem Auge. Schon zum Fernsehen ist ein Sammelglas erforderlich geworden. —

Presbyopie soll „das Sehen der Greise" bedeuten.[1])

Allgemein bekannt ist die eigenthümliche Haltung, welche Greise beim Betrachten feiner Gegenstände, z. B. beim Lesen, anzunehmen pflegen.

---

1) Die Alten kannten den Zustand (Aristot., Galen, Oribas., Aët., Aegin., Actuar.), aber nicht diesen Namen. Sie sagen immer οἱ γηρῶντες τὰ ἐγγὺς μὴ ὁρῶντες. Denn πρέσβυς, πρεσβύτης heisst „der geehrte Greis, der Aelteste"; οἱ γηρῶντες (oder γέροντες), „die alten Leute." Heutzutage sind die Ausdrücke presbyopie oder presbytie bei Italienern, Franzosen, Engländern und Deutschen in Gebrauch.

Das Buch wird vom Auge entfernt, so weit der Arm reicht; und durch Rückwärtsbewegung des Kopfes noch die Entfernung zwischen Buch und Auge vergrössert.

Die Ursache der greisen „Weitsichtigkeit“ liegt in dem Abrücken des Nahepunktes, also in der Abnahme der Accommodationsbreite. Presbyopie ist nicht der Gegensatz der Myopie, wie man früher annahm.[1])

Allerdings, der Kurzsichtige hält das Buch nahe, der Weitsichtige hält es weit ab. Aber Kurzsichtigkeit beruht auf Annäherung des Fernpunkts, Weitsichtigkeit auf Abrücken des Nahepunktes.

Die gewöhnliche Ursache der Kurzsichtigkeit ist Verlängerung der Sehachse, die der greisen Weitsichtigkeit Verhärtung der Crystall-Linse. Kurzsichtigkeit ist Abweichung vom normalen Bau des Auges, Weitsichtigkeit ist der normale Zustand des greisen Auges.

Die beiden Zustände sind so wenig einander entgegengesetzt, dass sie sogar gleichzeitig an demselben Auge vorkommen können. Ein 75jähriger mit $M\frac{1}{30}'' = 1{,}25\,D$ hat seinen Fernpunkt 30″ = 75 Ctm. vor dem Auge und seinen Nahepunkt ebendaselbst, da mit 75 Jahren die Accommodationsbreite auf null verringert ist. Beim Versuche feine Schrift zu lesen wird er das Buch in der geschilderten Weise abrücken oder — in die Tasche greifen und seine Convexbrille hervorziehen. Natürlich ein Mensch mit sehr starker Kurzsichtigkeit wird nie weitsichtig. Liegt der Fernpunkt 6″ = 15 Ctm. vor dem Auge, so kann der Nahepunkt doch auch im höchsten Alter nicht über den Fernpunkt hinweghüpfen; der Mensch wird stets ohne Convexbrille lesen können.

Wir sahen also, dass die sogen. Presbyopie den normalen Zustand des normalen Auges im Greisenalter darstellt und abhängt von der Abnahme der Accommodationsbreite. Aber diese Abnahme geschieht ganz regelmässig, von der Wiege bis zur Bahre, vom Kindes- bis zum Greisenalter.

Schon in der Blüthe des Lebens nimmt die Accommodationsbreite regelmässig und stetig ab. Jede Grenze, die wir für den Beginn der greisenhaften Weitsichtigkeit festsetzen, ist willkürlich, vom Standpunkt der Wissenschaft betrachtet. Aber genau ebenso ist es, wenn wir irgend eine leichte Abweichung von der Norm untersuchen und uns fragen, wo die Krankheit beginnt. Dies sind rein praktische Begriffe.

---

1) *Ἐναντία δὲ πάσχουσιν οἱ γηρῶντες τοῖς μύωψι.* (Oribas. Synops. VIII, 54.: Paull. Aeg. VII.). Vgl. übrigens S. 136.

Lebensalter (Jahre)	Accommodationsbreite		Nahepunkt bei Emmetropie	
	Zollmaass	Dioptrien	Zoll	Centimeter
10	$\frac{1}{2\frac{3}{4}}$	14.5	$2^3/_4$	7
15	$\frac{1}{3}$	13	3	7.5
20	$\frac{1}{4}$	10	4	10
30	$\frac{1}{5\frac{1}{2}}$	7	$5^1/_2$	13.75
40	$\frac{1}{9}$	4.5	9	22.5
50	$\frac{1}{16}$	2.5	16	40
60	$\frac{1}{40}$	1	40	100
70	$\frac{1}{160}$	0.25	160	400
75	0	0	∞	∞

Praktisch beginnt für uns die greise Weitsichtigkeit, sowie es nothwendig wird, zum Lesen, Schreiben, Zeichnen, Nähen, Feilen und für die anderen Nahearbeiten der heutigen Cultur[1]) eine Convexbrille zu Hilfe zu nehmen. Dies ist ungefähr mit dem 50. Lebensjahre nothwendig bei emmetropischem Bau der Augen.

Die Feinheit unserer Druckschriften erfordert einen Nahepunkt von etwa 12″ = 30 Cm. Abstand. Sowie der Nahepunkt weiter abrückt, kann feiner Druck, wegen Verkleinerung der Netzhautbilder, nicht auf die Dauer gelesen werden. Eine Convexbrille wird erforderlich, welche den Nahepunkt künstlich wieder auf 12″ = 30 Cm. heranrückt; oder mit anderen Worten, von dem in etwa 12″ Entfernung

1) Die Alten hatten keine Brillen.

Sie hatten auch keinen Diamant-Druck. Die grossen römischen Majuskeln antiker Handschriften ermöglichten auch den Greisen das Lesen. Bei künstlicher Beleuchtung wurde nicht viel gelesen. Die schöngestalteten Lampen der Alten brannten nicht sehr hell.

Natürlich gab es auch feinere Schriften, und namentlich Kunstgegenstände, im Alterthum. Aber diese waren nicht gerade für Greise bestimmt.

Der Wilde empfindet die Presbyopie nicht sonderlich. Aber heutzutage kann man auch schon bei Indianern und bei Maoris — Brillen finden.

befindlichen Gegenstand, der Schrift, ein scharfes Bild nahezu[1]) in dem gegenwärtigen Nahepunkt des Auges zu entwerfen vermag. Diese Wirkung des Sammelglases ist leicht verständlich, wie bei einer Lupe.

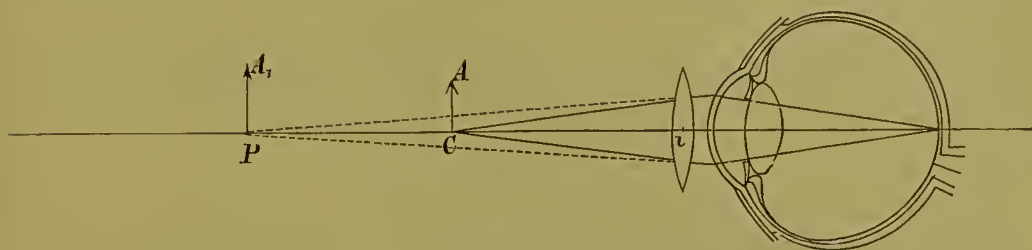


Fig. 72.

Es sei l das sammelnde Brillenglas des alterssichtigen Auges; AC der Gegenstand, die Schriftprobe, in 12″ Entfernung vom Auge; so wird das von einem Punkte c des Gegenstandes ausfahrende Strahlenbündel, welches divergent auf das Brillenglas fällt, durch die sammelnde Wirkung des Glases weniger divergent gemacht, als ob es von einem ferneren Punkte, nämlich von P, dem Nahepunkt des Auges, ausginge. In P wird ein leicht[2]) vergrössertes Bild des Gegenstandes entworfen; dieses wird von dem Auge betrachtet; von diesem wird ein scharfes Netzhautbild gewonnen.

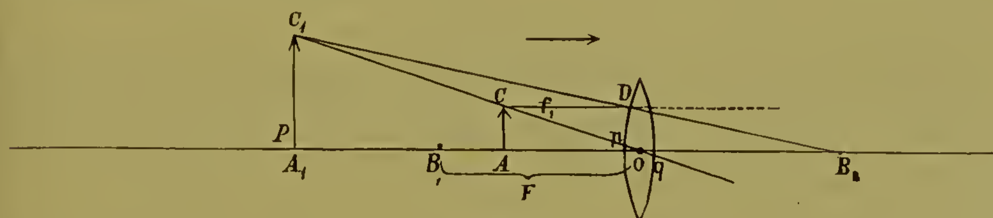


Fig. 73.

Durch Construction[a]) wie durch Rechnung finden wir leicht die Lage und die Grösse des Bildes, wenn die Sammellinse gegeben ist. Aber gewöhnlich haben wir die S a m m e l l i n s e z u s u c h e n, wenn der Bau des Auges und das Lebensalter, folglich der Nahepunkt, gegeben ist.

a) vergl. S. 103.

Da das Bild ($A_1 C_1$), welches die Sammellinse (O) von der Schrift

---

1) Man wählt nicht genau den Nahepunkt, um nicht das Auge dauernd „unter vollem Dampf“ arbeiten zu lassen.

2) Soll die Brille auf die Dauer befriedigen, so darf sie das Bild nicht zu stark vergrössern. Eine zu starke Lupe verlangt zu starke Convergenz der Augenachsen, bewirkt also Ermüdung der inneren geraden Augenmuskeln[b]); macht auch die Gegenstände mittlerer Entfernung zu undeutlich, sowie der Kranke aufblickt. Ganz allmählich muss mit Zunahme des Alters das Glas verstärkt werden.

b) Rect. intern.

(AC) entwirft, auf derselben Seite liegt, wie der Gegenstand; so ist die Bildentfernung mit dem negativen Zeichen einzuführen.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2}.$$

Wir haben $f_1 = 12'' = 30$ Ctm. gesetzt, nach dem Gebrauch; f_2 ist gleich P, dem Nahepunktsabstand: folglich wird

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{12} - \frac{1''}{P}.$$

Hieraus ersieht man, dass für Emmetropen mit 50 Jahren die Presbyopie schon deutlich hervortritt.

Es ist $P_{50} = 16''$ (= 40 Ctm.)

$$\frac{1}{F_{50}} = \frac{1}{12} - \frac{1}{16} = \frac{4}{192} = \frac{1}{48}.$$

Mit 60 Jahren ist bei Emmetropie $P = 40''$ (= 100 Ctm.).

$$\frac{1}{F_{60}} = \frac{1}{12} - \frac{1}{40} = \frac{28}{480} = \frac{1}{17}.$$

Mit 70 Jahren ist bei Emmetropie $P = 160''$ (= 400 Ctm.).

$$\frac{1}{F_{70}} = \frac{1}{12} - \frac{1}{160} = \frac{1}{12} \text{ (ungefähr).}$$

Wenn man nun berücksichtigt, dass dies nach der Natur der Sache nur angenäherte Werthe sein können, welche wesentlich von dem besonderen Bedürfniss des Einzelnen abhängen und bei dem Gelehrten doch etwas anders sich gestalten, als bei dem Landbauer; so wird man gut thun, die Zahlen abzurunden, um für die greise Weitsichtigkeit der Emmetropen die folgende Tafel zu gewinnen, welche sich in tausendfältiger Anwendung als durchaus praktisch bewährt hat:

Alter	Lesebrille	
50 Jahre	$+\frac{1}{40}''$	$+ 1\ D$
60 „	$+\frac{1}{20}''$	$+ 2\ D$
70 „	$+\frac{1}{12}''$	$+ 3\ D$
80 „	$+\frac{1}{10}''$	$+ 4\ D$
90 „	$+\frac{1}{8}''$	$+ 5\ D$

Dass man den 80- und 90jährigen — es giebt deren ja nur wenige! — stärkere Gläser verordnet, als den 70jährigen, ist deshalb zweckmässig, weil mit höherem Greisenalter ziemlich allgemein die

Sehkraft etwas absinkt;[1]) das stärkere Sammelglas dient gleichzeitig als schwache Lupe.

Also haben die Brillenhändler doch Recht, aus der Stärke der Lesebrille auf das Lebensalter zu schliessen, wenigstens wenn die Fernpunktseinstellung bekannt ist.

Und die eitle Frau, welche mit 55 Jahren ihr Alter auf 40 angiebt, vermag den Erfahrenen nicht zu täuschen.

A. Durch Krankheit des Körpers, bei gesunden Augen, wird das Gesetz der Brillenwahl geändert. Bei Zuckerharnruhr braucht eine 40jährige öfters die Brille einer 60jährigen; hierdurch allein habe ich wiederholt die Grundkrankheit erkannt und — gebessert. Wenn bei Kindern plötzlich die Nothwendigkeit einer Convexbrille zum Lesen sich herausstellt, so ist in der Regel diphtherische Halsentzündung voraufgegangen.

B. Natürlich giebt es auch örtliche Augenleiden, welche die Accommodation verringern. Hierher gehört die Drucksteigerung.[a)]

[a)] Glaucoma.

C. Durch Ametropie wird die Grenze der Presbyopie verschoben, hinaus bei Kurz-, herein bei Uebersichtigkeit.

Am einfachsten denkt man sich den ametropischen Greis durch sein Fernglas corrigirt, d. h. nahezu emmetropisch gemacht; und fügt zu diesem Fernglas das für den gleichaltrigen Emmetropen nöthige Leseglas: denn die Accommodationsbreite hängt ja nur von dem Lebensalter ab, nicht von dem Brechzustande. Aus der Zusammenfügung[b)] der beiden Gläser erhält man das Gesuchte.

[b)] algebraischen Addition.

Ein 50jähriger habe $M\ \frac{1}{40}'' = 1\ D$; sein Fernglas ist $-\frac{1}{40}''$; das Leseglas eines 50jährigen Emmetropen ist $+\frac{1}{40}''$. Die beiden Gläser gleichen sich vollständig aus.

$$+\frac{1}{40}'' - \frac{1}{40}'' = 0.$$

Zum Lesen braucht er gar kein Glas. Falls er bisher die Gewohnheit hatte, seine Fernbrille stets aufzubehalten, wird er jetzt fast unbewusst dieselbe beim Lesen auf die Stirne schieben. Nach zehn Jahren wird die Sache für ihn anders. Das Fernglas ist $-\frac{1}{40}''$, das Leseglas eines 60jährigen Emmetropen $+\frac{1}{20}'' = 2\,D$; $-\frac{1}{40}'' + \frac{1}{20}'' = +\frac{1}{40}''$.

---

1) Vgl. den Abschnitt von der Messung der Sehschärfe.

Ein Mensch mit $M \frac{1}{40}$ braucht mit 60 Jahren zum Lesen $+ \frac{1}{40}'' =$ 1 D; und mit 70 Jahren $+ \frac{1}{20}'' = 2\ D$, da $- \frac{1}{40}'' + \frac{1}{12}'' = + \frac{1}{20}''$.

Ein Mensch mit etwas stärkerer Kurzsichtigkeit, $M \frac{1}{20}'' = 2\ D$, muss mit 60 Jahren anfangen, beim Lesen die Concavbrille abzusetzen und mit 70 Jahren eine Convexbrille aufzusetzen, obwohl die Kurzsichtigen sich lange gegen diese Lesebrille zu sträuben pflegen.

$$- \frac{1}{20}'' + \frac{1}{20}'' = 0 = \frac{1}{\infty}$$

$$- \frac{1}{20}'' + \frac{1}{12}'' = + \frac{1}{40}'' = 1\ D.$$

Ein Mensch mit $M \frac{1}{8}'' = 5\ D$ wird selbst im höchsten Alter ohne Brille lesen können; denn, ist er 90 Jahre alt geworden, so gilt $+ \frac{1}{8}'' - \frac{1}{8}'' = 0 = \frac{1}{\infty}$.

Diejenigen, welche mit ihren Augen prahlen, dass sie bis zum 70ten Jahre und darüber ohne Brille feine Schrift bequem zu lesen oder zu sticken, zu nähen im Stande seien, sind immer — kurzsichtig.[1]) Ausnahmen giebt es nicht. Dass sie in die Ferne nicht so gut sehen, wie Emmetropen, wird ihnen weniger bewusst, besonders wenn sieFerngläser nie getragen haben.

Entgegengesetzt verhalten sich die Übersichtigen. Ein Mensch mit $H \frac{1}{40} = 1\ D$ wird mit 50 Jahren ein Glas zum Lesen gebrauchen, dessen Brechkraft sich zusammensetzt aus der des Fernglases, $+ \frac{1}{40}'' = 1\ D$, und der des Leseglases für den 50jährigen Emmetropen, gleichfalls $\frac{1}{40}'' = 1\ D$.

$$+ \frac{1}{40}'' + \frac{1}{40}'' = \frac{1}{20}'' = 2\ D.$$

Der 50jährige Mensch mit schwacher H braucht das Leseglas des 60jährigen E. Mit 60 Jahren braucht der nämliche Mensch mit $H \frac{1}{40}''$ zum Lesen schon $\frac{1}{40} + \frac{1}{20} = \frac{1}{12}'' = 3\ D$ u. s. f. Aber schon mit 40 Jahren hatte er zum Lesen dasjenige Glas nöthig, welches

1) Zum mindesten auf einem Auge. — Der beginnende Greisenstar bewirkt Kurzsichtigkeit, aber mit Herabsetzung der Sehschärfe.

der 50jährige Emmetrope gebraucht. Verfrühte Alterssichtigkeit ist gewöhnlich Übersichtigkeit.

Donders nimmt an, dass E des Mannesalters regelmässig in H des Greisen übergehe. Dies kann ich aus meiner Erfahrung nicht bestätigen; in vielen Einzelfällen habe ich die E des 50jährigen bei dem 65jährigen wiedergefunden und ebenso die schwache oder mässige H des 50jährigen beim 70jährigen unverändert wiedergefunden. Dagegen ist die von demselben Forscher entdeckte Thatsache, dass bei jugendlichen h ein Theil der gesammten H verborgen[a] bleibt, d. h. durch andauernde,[b] im Dienste des Scharfsehens unbewusst geübte Zusammenziehung des Accommodationsmuskels verdeckt werde, von mir nicht blos, wie von allen Beobachtern, bestätigt, sondern durch eine längere Untersuchungsreihe nach Zahl und Maass klargelegt worden.[1] Wir bezeichnen mit H_t die totale Hypermetropie, wie sie nach künstlicher Lähmung des Accommodationsmuskels, durch Atropineinträuflung, hervortritt; mit H_{to} dieselbe, wenn sie mit Hilfe des Augenspiegels festgestellt worden; mit H_m die manifeste H, die gemessen wird durch das stärkste Sammelglas, das beim Fernsehen noch angenommen wird, d. h. die Fernsicht verbessert oder zum mindesten gar nicht verschlechtert; mit H_l die latente: so dass $H_t = H_m + H_l$.

a) latent.

b) tonische.

Blickt das h Auge im dunklen Zimmer ruhig geradeaus, so schwindet von selber jene „tonische" Zusammenziehung des Accommodationsmuskels, die der jugendliche h nur im Dienste des Scharfsehens, so lange er einen Gegenstand fixirte, geleistet hat; der geübte Beobachter findet mit dem Augenspiegel den ganzen Betrag der H; wenigstens findet er nicht einen grösseren, wenn er die Accommodation des zu prüfenden Auges mit Atropin gelähmt hat.[2]

Das Ergebniss der Untersuchung ist das folgende:[3]

mit 10 Jahren ist $H_m = \frac{1}{3} H_{to}$,
„ 20 „ „ $H_m = \frac{1}{2} H_{to}$,
„ 30 „ „ $H_m = \frac{3}{4} H_{to}$,
„ 40 „ „ $H_m = H_{to}$.

Je reicher der Mensch an Accommodationskraft, desto grösser ist

---

1) C. Bl. f. A. 1883, S. 192.

2) Ungeübte Beobachter wollen das bestreiten. Einige haben sogar ihr eigenes Auge atropinisirt, um sicher zu gehen! Sie könnten auch — die Augen des Gehilfen, der den Kopf hält, atropinisiren.

3) Die Zahlen sind Mittelwerthe.

Verschiedenheit der Refraction in beiden Augen, Schielen, Accommodationslähmung, dauerndes Tragen von Convexbrillen bewirken, dass ein grösserer Theil der verdeckten H, ja die ganze, auch im jugendlichen Lebensalter, zu Tage tritt.

der Theil derselben, den er aufwendet zum Scharfsehen in die Ferne. In der Kindheit wird der grösste Theil der *H* (nämlich $^2/_3$) verdeckt, im Jünglingsalter die Hälfte, im Mannesalter immer weniger, gegen das Greisenalter zu gar nichts mehr. Das stimmt genau mit der Accommodationsbreite $\frac{1}{A}$ und ihrer Abnahme bei wachsendem Lebensalter.

Durch diese zahlenmässige Aufstellung sind wir in den Stand gesetzt, den jugendlichen Hypermetropen, welche noch nicht lesen können, oder aus Befangenheit die Leseprobe nicht bestehen, mit Hilfe der objectiven Refractionsmessung, d. h. mit Hilfe des Augenspiegels, die richtige Brille zu verordnen, mit welcher sie zunächst lesen lernen und ihre Schulbildung durchzumachen im Stande sind. Dies ist ein Triumph der ärztlichen Diagnostik, und wird nur von denen missachtet, welche die nöthige Uebung im Augenspiegeln noch nicht erworben haben.

Gesunde Menschen brauchen die Bethätigung ihrer Muskeln. Nur die manifeste *H* soll corrigirt werden. Es ist falsch, Atropin einzuträufeln und dann zur Brillenwahl zu schreiten. Diese Brillen sind zu scharf und werden später wieder verworfen.

Ich schliesse mit einer übersichtlichen Tafel der Convexbrillen zum Lesen in 12″ = 0.3 Meter:

Lebens-Alter	*Ht* 9 *D*	*Ht* 6 *D*	*Ht* 3 *D*	*Ht* 2 *D*	*Ht* 1 *D*	*E*	*M* 1 *D*	*M* 2 *D*	*M* 3 *D*	*M* 4 *D*	*M* 5 *D*
6 Jahre	3 *D*	2 *D*	1 *D*	—	—	—	—	—	—	—	—
10 „	3.5 *D*	2.5	1.25	—	—	—	—	—	—	—	—
20 „	4.5 *D*	3	1.5	1 *D*	—	—	—	—	—	—	—
30 „	6 *D*	4.5	2	1.5	—	—	—	—	—	—	—
40 „	9 *D*	6	3	2	1 *D*	—	—	—	—	—	—
50 „	10 *D*	7	4	3	2	1 *D*	—	—	—	—	—
60 „	11 *D*	8	5	4	3	2	1 *D*	—	—	—	—
70 „	12 *D*	9	6	5	4	3	2	1 *D*	—	—	—
80 „	13 *D*	10	7	6	5	4	3	2	1 *D*	—	—
90 „	14 *D*	11	8	7	6	5	4	3	2	1 *D*	—

Verschiedenheit der Fernpunktseinstellung[1]) auf beiden Augen kommt nicht allzu selten vor. Geringe Unterschiede

1) Wem dies zu klar ist, der kann Refractions-Differenz sagen oder Anisometropie. ('*A* privativum, ἴσος gleich, μέτρον Maass, ὤψ Gesicht.) Das erstere

kommen den Befallenen öfters gar nicht zum Bewusstsein. Grössere gereichen mitunter, namentlich älteren Leuten, zum Vortheil, insofern das eine Auge vorwaltend zum Fernsehen, das andere zum Nahesehen gebraucht wird, ohne Hilfsgläser und ohne Störung des gemeinschaftlichen Sehens mit beiden Augen. Gelegentlich bewirkt aber der Unterschied beider Augen eine erhebliche Störung, bedingt Schielen und Doppeltsehen und muss durch Hilfsgläser ausgeglichen werden.

Da das normale Sehen gemeinschaftlich ist, mit beiden Augen, und auch der Antrieb zur Nahe-Einrichtung in gleicher Stärke auf beide Augen geworfen wird; so muss man die verschiedenen Augen eines solchen Menschen gleich zu machen suchen, nämlich zum Fernsehen nahezu emmetropisch, zum Nahesehen in gleicher Weise kurzsichtig.

Es giebt Fälle, welche diese Ausgleichung gebieterisch erheischen. Bei schwächerer Kurzsichtigkeit des einen, stärkerer des anderen Auges, z. B. von 2, bezw. 4 *D*, ist es nothwendig, diese Gläser zu geben, weil die Menschen sonst nicht zu arbeiten im Stande sind. In anderen Fällen ist eine theilweise Ausgleichung nothwendig, da die vollständige nicht vertragen wird.

Ein Kurzsichtiger, der auf dem einen Auge noch gut sieht, auf dem andern nach der Star-Operation stark übersichtig geworden, hat öfters Unbehagen und Doppeltsehen, wenn jedes der beiden Augen sein richtiges Fernglas trägt; giebt man dem kurzsichtigen Auge ein ebenes Glas, dem star-operirten das sammelnde Fernglas, so ist diese Brille zum Fern- wie zum Nahesehen bequem und brauchbar.

In manchen Fällen ist eine Vermittlung nothwendig. Die beiden verschiedenen Augen müssen durch Gläser ähnlich, aber nicht ganz gleich gemacht werden.

Wort wird vorgezogen, wenn beide Augen kurzsichtig sind, aber in verschiedenem Grade; oder beide übersichtig, aber in verschiedenem Grade. Das zweite Wort wird angewendet, wenn das eine Auge kurz-, das andere übersichtig. Oder auch, wenn ein Auge kurz-, oder übersichtig, das andere *e*; doch ist hier eigentlich der erstgenannte Name passender, da *E* den Grenzfall sowohl der *M* als auch der *H* darstellt. Das zweite Wort müsste eigentlich An-homoeo-metropie heissen. (Von ὅμοιος, gleichartig.)

Sechster Abschnitt.

Dioptrik.

Die Wirkung der Glaslinsen.

Das Auge als optisches Werkzeug.

Die Geschichte der Wissenschaften lehrt, dass die optische Wirkung des menschlichen Auges nicht eher verständlich geworden ist, als bis man die Lichtbrechung (Dioptrik)[1] der auf Kugelflächen geschliffenen Glaslinsen begriffen hatte.

Die alten Griechen besassen eine genügende Kenntniss von dem Bau des Auges, aber gar keine von seiner Wirkung, da sie das Lichtbrechungsgesetz nicht verstanden. Dies zu ergründen bemühten sich die an die Schriften der späteren Griechen (Ptolemaeus, 140 n. Chr.) anknüpfenden Gelehrten des Mittelalters, Araber wie Europäer. (Alhazen, um 1100 n. Chr., Roger Baco, Vitellio.)

Die Brillengläser wurden zu Ende des dreizehnten Jahrhunderts unserer Zeitrechnung bekannt und rasch verbreitet.[2]) Aber

---

1) *τὸ δίοπτρον* die Guckröhre, von *διά* durch und *ΟΠΤΩ* sehen, *ἡ διοπτρεία* das Visiren, *διοπτρικός* auf das Durchsehen bezüglich; *διοπτρική* (sc. *τέχνη*) die Lehre vom Durchgang des Lichtes: im astronomischen Sinn bei Proclus ad Euclid. (450 n. Chr.). — Dioptrik in unserem Sinne war den Alten unbekannt, da sie die Lichtbrechung nicht verstanden. [Sie kannten dieselbe freilich und nannten sie *ἀνάκλασις*. Aristoteles, Theophrast, Plutarch.] Das erste Buch über Dioptrice schrieb Kepler 1611; das zweite Descartes 1639, schon mit Benutzung des Brechungsgesetzes.

Heutzutage ist Dioptrik Lichtbrechung, Katoptrik Lichtspiegelung (*κάτοπτρον* Spiegel.)

2) Vgl. S. 93.

sogar noch Porta (1583), welcher die mit einer Sammellinse ausgestattete Dunkelkammer[a] erfand und dieselbe sofort mit dem Auge verglich, blieb in dem Aberglauben der Alten befangen, dass die Crystall-Linse den lichtempfindlichen Theil des Auges darstelle; dass die Bilder der äusseren Gegenstände auf der Crystall-Linse entworfen würden. Erst dem ebenso bescheidenen wie grossen Kepler (1611) verdanken wir eine richtige Darstellung der Wirkung erhabener wie ausgehöhlter kugliger Glaslinsen und auch des menschlichen Auges, das mit Hilfe seines lichtsammelnden Apparates von dem lichtaussendenden Gegenstand der Aussenwelt ein ähnliches, verkleinertes, umgekehrtes Bild auf der Netzhaut entwirft.

a) Camera obscura.

Es lässt sich nicht leugnen, dass man bereits am Ende des vorigen Jahrhunderts eine ziemlich befriedigende Kenntniss von der Dioptrik des menschlichen Auges besass.

Aber zum klaren Verständniss fehlten immer noch zwei Dinge, welche erst in der Mitte unseres Jahrhunderts gewonnen wurden: erstlich eine genauere Kenntniss der optischen Constanten des lebenden Menschenauges, welche erst durch Helmholtz angebahnt wurde; und zweitens eine einfache Lösung der allgemeinen Aufgabe die Dioptrik kugliger Flächen, welche von Gauss[1]) in Göttingen (1841) uns geliefert worden ist.

Es zeigte sich nämlich, dass Porta's berühmter Vergleich des menschlichen Auges mit einer Dunkelkammer, welcher in allen Lehrbüchern der Anatomie, Physiologie und Augenheilkunde sowie auch in volksthümlichen Schriften bis zum Ueberdruss wiederholt ward, dem vollen Verständniss der Lichtbrechung des Auges auch in mancher Beziehung hinderlich gewesen ist.

Bei der Dunkelkammer dringen die Lichtstrahlen aus Luft in Glas ein und fahren wieder aus in Luft; die vordere Brennweite der Sammellinse ist gleich der hinteren.

Bei dem Auge dringen die Lichtstrahlen aus Luft in die brechenden Mittel ein und bleiben im Glaskörper, dessen Brechungszahl grösser ist, als die der Luft, im Verhältniss von $\frac{4}{3}$ zu 1 oder von 4 : 3; deshalb ist auch die hintere Brennweite des Auges in demselben Verhältniss von 4 : 3 länger, als die vordere.

Ferner ist das Objectivsystem des Auges im Verhältniss zur Brennweite viel dicker, als das einer Dunkelkammer; seine Dicke von

1) Dioptrische Untersuchungen von C. F. Gauss, Göttingen, 1841, 4°, 34 Seiten.

der Vorderfläche der Hornhaut bis zur Hinterfläche der Crystall-Linse misst 8 Mm., die hintere Brennweite des Auges 16 Mm., in runden Zahlen. Bei so dicken Linsen braucht man eine schärfere Definition derjenigen Hauptpunkte, von welchen aus die Brennweiten zu rechnen sind.

Dies ist mit der Dioptrik des vorigen Jahrhunderts, wie wir sie z. B. in dem für ihre Zeit klassischen Werk von Euler[1]) finden, nicht durchzuführen; hierzu bedarf man der neuen Dioptrik, die Gauss geschaffen.

Obwohl die Darstellung dieses bahnbrechenden Mathematikers ziemlich elementar ist und nur die Anfangsgründe der analytischen Geometrie voraussetzt, so ist sie doch den Aerzten ziemlich unbekannt geblieben, da dieselben den mathematischen Erörterungen noch heute so abhold sind, wie zu den Zeiten des alten Galenus. Fick hat die Gauss'sche Lehre in der ersten Auflage seines Lehrbuches der medizinischen Physik dargestellt, in der zweiten aber wieder gestrichen, wahrscheinlich doch deshalb, weil er seinen Lesern kein rechtes Verständniss dafür zutraute. Helmholtz hat sie umgegossen in eine elementar-geometrische Form, welche nur die trigonometrischen Grundbegriffe voraussetzt.

Diese Darstellung ist vielfach, mit geringen Aenderungen, wiederholt worden, so von Stammeshaus in seiner Dioptrik des Auges u. A.

Aber da selbst ein Donders gesteht, dass ihm das Studium des dioptrischen Theiles von Helmholtz einige Anstrengung kostete und dass er den Untersuchungen von Gauss nicht zu folgen vermöchte; da seine eigne Darstellung der Dioptrik sowie die vortrefflichen von Neumann,[2]) Lang, Reusch, Wüllner, Röthig, Matthiessen, Gavaret,[3]) Heath[4],) die umfangreiche ophthalmologische Physik von Gerold, sowie das kleine Büchlein von Happe, das vorzügliche Werk von Ferraris-Lippich,[5]) die Abhandlungen von Fick in Herrmann's Handbuch der Physiologie und

1) Dioptrica. Petersburg 1769—1771. III Bände, 4°. Wer sich bequem über Euler's Dioptrik unterrichten will', studire die analytische Dioptrik von Klügel, Leipzig 1778, II Th., 304 S.

2) Die Haupt- und Brennpunkte eines Linsensystems von Prof. C. Neumann, Leipzig 1866, 41 S.

3) Des images par reflexion et par refraction. Paris 1866, 8°, 186 S.

4) Elementary Treatise on geometrical optics, Cambridge 1888, 212 S.

5) Die Eigenschaften der dioptrischen Instrumente, von Prof. Ferraris in Turin, deutsche Ausgabe von Prof. Lippich, Leipzig 1879, 221 S.

die von Aubert im Handbuch der Augenheilkunde von Graefe-Saemisch immer noch nicht der Mehrzahl der Aerzte das Verständniss der Dioptrik eröffnet haben: so will ich versuchen, eine eigne Darstellung des wichtigen Gegenstandes zu geben, welche wenigstens für das ärztliche Bewusstsein einfacher zu sein scheint, ohne an Allgemeinheit oder Schärfe einzubüssen. Damit die Darstellung voraussetzungslos und für jeden Mediziner sofort lesbar sei, ist es nothwendig, einige physikalisch-mathematische Bemerkungen voraufzuschicken.

Definitionen.

I. Das Gesetz der Lichtbrechung lautet (nach Snellius-Descartes) folgendermassen:

Fällt ein Lichtstrahl auf die Trennungsfläche zwischen zwei verschiedenen durchsichtigen Mitteln, von denen jedes in sich gleichartig[1]) ist: so liegt der gebrochene Strahl in der durch den einfallenden Strahl einerseits und das Einfallsloth andrerseits bestimmten Ebene; und ferner ist das Verhältniss des Sinus vom Einfallswinkel zu dem Sinus des Brechungswinkels ein constantes für dasselbe Paar von brechenden Mitteln.

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r. \quad \text{(Vgl. Fig. 74.)}$$

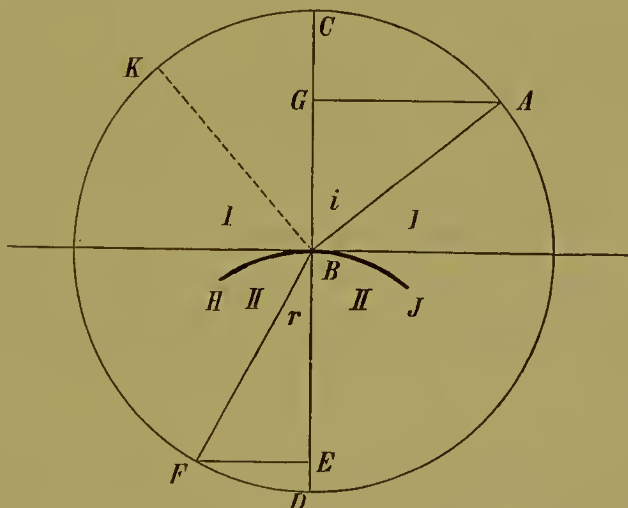


Fig. 74.

Der Einfallswinkel ist $\angle ABC = i$, zwischen dem einfallenden Strahl AB und dem Einfallsloth BC, das im Einfallspunkt B auf der

1) iso-trop; von ἴσος gleich und τρόπος Wendung, Drehung.

Trennungsfläche HBJ errichtet ist. Der Brechungswinkel ist $\angle DBF = r$, zwischen dem in das zweite Mittel hinein verlängerten Einfallsloth BD und dem gebrochenen Strahl BF. Ferner sind n_1 und n_2 hier zwei durch die Beschaffenheit der beiden durchsichtigen Mittel bestimmte Constanten. Bekanntermassen ist $n_1 = \frac{c}{c_1}$ und $n_2 = \frac{c}{c_2}$, wenn c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im leeren Raume, c_1 die im Mittel I und c_2 die im Mittel II bedeutet.

n_1 heisst das Berechnungsverhältniss des Mittels I. Für den leeren Raum wird $n = \frac{c}{c} = 1$. Für Luft ist n von 1 kaum verschieden, nämlich = 1,00029 bei 0° und dem Druck einer Quecksilbersäule von 760 Mm. Höhe.

In einem dichteren Mittel ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit geringer, als in einem dünneren; z. B. in Wasser geringer, als in Luft. Wenn also I Luft, II Wasser bedeutet, ist $c_2 < c_1$; $\frac{1}{c_2} > \frac{1}{c_1}$; $n_2 > n_1$.

Dieses Brechungsgesetz ist durch die Erfahrung als richtig nachgewiesen und steht auch in voller Uebereinstimmung mit der Theorie,[1]) nach welcher die Lichtbewegung behandelt wird als wellenartige, senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung von Statten gehende Schwingungen der Theilchen eines elastischen Lichtäthers.

Der Lichtstrahl ist die Senkrechte zur Wellenfläche; bei kuglig von einem Mittelpunkt sich ausbreitenden Wellen ist er der Halbmesser der concentrisch sich ausbreitenden Kugelflächen.

Von dem auf die Trennungsfläche zwischen zwei verschiedenen durchsichtigen Mitteln auffallenden Licht wird ein Theil zurückgeworfen und bleibt im ersten Mittel; ein Theil dringt in das zweite Mittel ein und wird dabei gebrochen. Betrachten wir AB als ein sehr schmales Strahlenbündel, so theilt sich dasselbe bei B in zwei (i. A. verschiedene) Theile, in den zurückgeworfenen BK und den gebrochenen BF.

Schlägt man einen Kreis um B mit dem Halbmesser AB, der gleich der Einheit des Längenmaasses ist $(AB = 1)$; und fällt von A und von F die Senkrechten AG und FE auf das Einfallsloth: so ist

$$AG = \sin i. \quad \left(\frac{AG}{AB} = \sin i,\ AB = 1\right). \quad EF = \sin r.$$

---

1) Abhandlung vom Licht. Von Chr. Huygens, 1678. Herausgegeben von E. Lommel, Leipzig 1890, S. 36.

Wie auch für die beiden Mittel I und II der Einfallswinkel i sich ändern mag, immer ist das Verhältniss $\frac{\sin . i}{\sin . r}$ ein constantes, nämlich gleich $\frac{n_2}{n_1} = \nu$. Diese Zahl ν wird der Brechungsindex für den Uebergang des Lichtes aus I in II oder für das Paar I—II genannt.

Da nun selbstverständlich auch $n_2 \sin r = n_1 \sin i$; so muss wenn im Mittel II ein Strahl von F nach B verläuft, derselbe nach der Brechung im Mittel I von B nach A verlaufen.

Der einfallende und der gebrochene Strahl sind für dasselbe Paar von Mitteln aneinander gebunden;[a] sie können ihre Rollen tauschen. [a] conjugirt.

Der Brechungsindex ist für den Uebergang des Lichtes aus Luft in Wasser annähernd gleich $\frac{4}{3}$ oder 1,3; aus Luft in Glas $\frac{3}{2}$ oder 1,5; aus Luft in Kammerwasser oder Thränenflüssigkeit des Auges gleich 1,3; aus Luft in die gleichförmig vorgestellte Crystall-Linse ungefähr gleich 1,45.

Die Zahl ν wechselt für die verschiedenen Paare von durchsichtigen Mitteln zwischen $\frac{1}{3}$ und 3; kann aber nie null werden, da die so ungeheure Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, die im leeren Raume 300 000 Kilometer in der Sekunde beträgt, beim Uebergang in die durchsichtigen Körper nur in verhältnissmässig geringem Grade verkleinert wird.

Da ν niemals null wird, so muss $r = 0$ sein, wenn $i = 0$ ist: d. h., wenn der Lichtstrahl lothrecht einfällt, in Richtung CB; so wird er nicht abgelenkt, sondern geht ungebrochen im II. Mittel weiter, in Richtung BE.

Für endliche Werthe von i (zwischen 0 und 90°) wird, wenn II optisch dichter als I, d. h. $n_2 > n_1$ oder $c_2 < c_1$, der Strahl in II dem Lothe zugebrochen.

Ist hingegen das II. Mittel optisch dünner, so wird der Strahl in demselben vom Lothe weggebrochen. Das sieht man sofort, wenn man in Fig. 74 das untere Mittel als das erste betrachtet.

II. Als Maass des Winkels $ABC = i$ (Fig. 75) dient die Länge desjenigen Kreisbogens $a = DE$, welcher, mit dem Halbmesser r gleich der Längeneinheit construirt, zwischen den beiden Schenkeln AB und CB des genannten Winkels liegt.

Der Umfang des ganzen Kreises mit dem Halbmesser $r = 1$ hat bekanntermassen die Länge $2 \cdot \pi \cdot r = 2 \times 3{,}141 \cdot\cdot \times 1 = 6{,}282$. (Zolle, wenn $r = 1$ Zoll; Meter, wenn $r = 1$ Meter, u. s. w.)

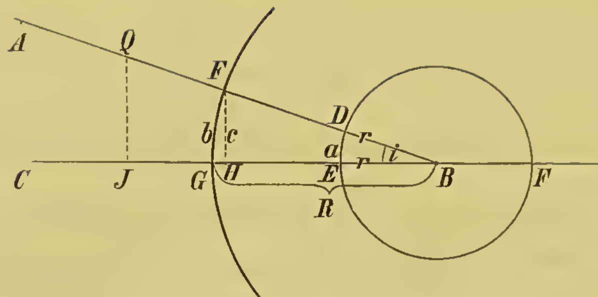


Fig. 75.

Die sämmtlichen ebenen Winkel rings um den Punkt B machen 4 Rechte aus oder $4 \times 90 = 360$ Winkelgrade. Ist $\angle ABC$ gleich i Winkelgraden, so wird

$$\frac{a}{2\pi r} = \frac{i^0}{360^0}, \text{ also}$$

$$a = \frac{2\pi i}{360} = \frac{\pi i}{180} = 0{,}017 \times i,$$

wenn i die Zahl der Winkelgrade bedeutet.

Auf einem anderen Kreise, der um denselben Punkt B mit dem beliebigen Halbmesser $R = BG$ geschlagen ist, liegt der Bogen $FG = b$ zwischen den Schenkeln desselben Winkels i.

$$\frac{b}{a} = \frac{R}{r} = \frac{R}{1}.$$

$$b = aR, \text{ oder } a = \frac{b}{R}.$$

Also ist auch $\frac{b}{R}$ das Maass des Winkels i.

Wenn i nur wenige Winkelgrade beträgt, also viel kleiner ist, als er in der Figur, der Deutlichkeit halber, gezeichnet wurde; so fällt der Bogen FG nahezu mit dem von F auf BC gefällten Lothe ($FH = c$) zusammen. Punkt G fällt ganz nahe an Punkt H. D. h., für sehr kleine Winkel i ist das Maass auch gleich $\frac{c}{R}$ oder sin i.

Da dann auch BH nur unendlich wenig von $BG = R$ sich unterscheidet; so kann man für $\frac{c}{R}$ auch setzen $\frac{c}{BH}$ oder tang. i.[1])

---

1) Bekanntermassen wird das Verhältniss

$\frac{FH}{FB}$ als Sinus des Winkels i bezeichnet,

So findet man auch in den Tafeln, dass für $\angle \varphi$ bis 10 Grad arc. φ, sin. φ, tang. φ in den ersten zwei Decimalen völlig übereinstimmen.

Winkel	Arcus	Sinus	Tang.	Cosinus
1^0	0,0175	0,0175	0,0175	0,9998
5^0	0,0873	0,0872	0,0875	0,9962
10^0	0,1745	0,1736	0,1763	0,9848.

III. Das vereinfachte Brechungsgesetz.

Also geht das Brechungsgesetz

$$\text{a)}\ n_1 \sin a_1 = n_2 \sin a_2$$

für sehr kleine Einfallswinkel über in die einfachere Form

$$\text{b)}\ n_1\ a_1 = n_2\ a_2.$$

Wie gering die Abweichung für Winkel unter neun Grad, ersieht man aus der folgenden Tafel, welche den Uebergang des Lichtes aus Luft in Glas behandelt.

$$\frac{n_2}{n_1} = \nu = \frac{3}{2};\ a_2 = \frac{n_1}{n_2}\ a_1 = \frac{1}{\nu}\ a_1 = \frac{2}{3}\ a_1.$$

Einfallswinkel	Angenäherter Werth des Brechungswinkels, nach b.	Genauer Werth des Brechungswinkels, nach a.
3^0	2^0	$1^0\ 59'\ 58''$
6^0	4^0	$3^0\ 59'\ 45''$
9^0	6^0	$5^0\ 59'\ 10''$
12^0	8^0	$7^0\ 58'\ 2''$
15^0	10^0	$9^0\ 56^0\ 10'$.

$\frac{BH}{BF}$ als Cosinus,

$\frac{FH}{HB}$ als Tangente,

$\frac{HB}{HF}$ als Cotangente.

Der Punkt F des einen Schenkels, von dem aus das Loth auf den andern gefällt ward, ist beliebig, da wegen Gleichheit aller Winkel

$$\triangle FHB \sim \triangle QJB, \text{ also } \frac{FH}{HB} = \frac{QJ}{JB}, \text{ u. s. w.}$$

Mit Galen bitte ich die Wissenden um Verzeihung διὰ τοὺς ἀγνοοῦντας πολλῷ πλείους ὄντας. (Vom Nutzen der Theile, Buch 10, Hauptstück 12.)

So lange der Einfallswinkel die Grösse von neun Grad nicht überschreitet, sind die angenäherten Werthe der Brechungswinkel (nach b) von den genaueren (nach a) nicht um eine ganze Bogenminute verschieden. Eine Bogenminute ist aber der kleinste Unterscheidungswinkel des menschlichen Auges. Die zulässige Grenze der annähernden Betrachtung ist also bestimmt durch den Bau unseres Sehorgans.[1])

Dioptrik kugliger Flächen.

I. Lichtbrechung an einer Kugelfläche.

§ 1. Sei $S_1 S S_2$ (Fig. 76) der Durchschnitt einer kugligen Trennungsfläche zwischen den beiden durchsichtigen, in sich gleich-

Fig. 76.

förmigen Mitteln *I* und *II* (z. B. Luft und Glas) mit der Ebene der Zeichnung.

Das Mittel *I* habe den Brechungsindex n_1, das Mittel *II* aber n_2.

S sei der Scheitel, *M* der Krümmungsmittelpunkt des kleinen Kreisbogenstücks $S_1 S_2$; $\angle S_1 M S_2 = 2\alpha$, die Oeffnung[a]) der einfachen, brechenden Kugelfläche (Simplum), sei ein so kleiner Winkel, dass der Unterschied zwischen sin α und arc. α verschwindet. Also ist $S_1 S_2$ eine kleine Grösse gegen $SM = R$. Die Grade *EF*, welche durch *M* und *S* geht, heisst die Hauptachse.

a) Apertur.

Jeder von *M* nach einem Punkte der Kugelfläche gezogene Halbmesser[b]) stellt für diesen Punkt das Einfallsloth dar. Jeder Strahl, der in Richtung eines Halbmessers auf die Kugelfläche einfällt, muss unabgelenkt im *II.* Mittel weiter ziehen, z. B. *AS* in Richtung *SMF*.

b) Radius.

A sei ein Lichtpunkt in der Hauptachse, AS_1 ein beliebiger Lichtstrahl.

1) Vgl. meine Abhandl. in E. du Bois-Reymond's Archiv, 1877.

Dann ist MS_1C das Einfallsloth und $\angle AS_1C = \angle J$ der Einfallswinkel.

Es sei dies ein kleiner Winkel, $\leqq 9^0$ oder $\leqq \frac{\pi}{20}$ oder $\leqq 0{,}15$: d. h. wir beschränken unsere Betrachtung auf die der Hauptachse nahen, fast senkrecht auf die Kugelfläche einfallenden Lichtstrahlen.

AS_1 wird bei S_1 gebrochen; und zwar, wenn wir $n_2 > n_1$ setzen, nach der Achse zu: der gebrochene Strahl[1]) muss die Achse schneiden. Der Schnittpunkt sei a. $\angle MS_1a = \varrho$ ist der Brechungswinkel; $\sin\varrho = \frac{n_1}{n_2}\sin J$. Da $\frac{n_1}{n_2}$ für die von uns zu betrachtenden Mittel (Luft, Wasser, Glas, Crystall-Linse u. s. w.) zwischen $\frac{4}{3}$ und $\frac{3}{2}$ liegt, so ist auch ϱ ein sehr kleiner Winkel.

Jetzt erwächst uns die Aufgabe, aus den gegebenen Grössen des Systems (R, n_1 und n_2) und des Lichtpunktabstandes ($AS = f_1$) die unbekannte Grösse ($Sa = f_2$) zu bestimmen.

Lösung. Wir fällen das Loth $S_1D = l$ auf die Hauptachse und berücksichtigen, dass D unendlich nahe an S liegt.

1) $n_1 J = n_2 \varrho$. (Vereinfachtes Brechungsgesetz.)

$$\left.\begin{array}{l} 2)\ J = \alpha + \beta. \\ 3)\ \alpha = \varrho + \gamma;\ \text{also}\ \varrho = \alpha - \gamma \end{array}\right\}\ \text{(Euklid, I, 32)}^{2)}$$

4) $n_1(\alpha + \beta) = n_2(\alpha - \gamma)$.

$$\left.\begin{array}{l} 5)\ \alpha = \frac{l}{R} \\ 6)\ \beta = \frac{l}{f_1} \\ 7)\ \gamma = \frac{l}{f_2} \end{array}\right\}\ \text{(Defin., II.)}$$

$$8)\ n_1\left(\frac{l}{R} + \frac{l}{f_1}\right) = n_2\left(\frac{l}{R} - \frac{l}{f_2}\right).$$

$$9)\ \frac{n_1}{R} + \frac{n_1}{f_1} = \frac{n_2}{R} - \frac{n_2}{f_2}.$$

$$\text{I)}\ \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}.$$

---

1) In der Einfallsebene muss er bleiben. (Definit. I). Wird der gebrochene Strahl der Hauptachse parallel, so liegt a unendlich weit von S.

2) Ausg. von Hartwig, Halle, 1860, S. 12.

Der Aussenwinkel eines Dreiecks ist gleich der Summe der beiden inneren, ihm gegenüberliegenden Winkel.

Durch die Gleichung I ist f_2 eindeutig bestimmt aus n_1, n_2, R und f_1.

§ 2. Gl. I, § 1 kann auch geschrieben werden

$$\text{Ia)}\ \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R} - \frac{n_1}{f_1} \text{ oder}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{n_2}\left(\frac{(n_2 - n_1)}{R} - \frac{n_1}{f_1}\right).$$

Für dasselbe System (n_1, n_2, R) und denselben Abstand (f_1) des Lichtpunkts in der Hauptachse giebt es nur einen bestimmten Werth von f_2.

Die Lage des Punktes a hängt, unter den gemachten Voraussetzungen, nicht ab von der Lage des Einfallspunktes S_1, also nicht von der Grösse l, die sich fortgehoben hat; sondern lediglich von dem Lichtpunktsabstand f_1. Alle von A ausfahrenden und zwischen S_1 und S (und ebenso zwischen S und S_2), kurz alle von A auf das kleine Kreisbogenstück $S_1 S S_2$ auffallenden Strahlen schneiden nach der Brechung die Hauptachse in dem nämlichen Punkt a; sie vereinigen sich in diesem Punkte, welcher also den Bildpunkt von A darstellt.

Was für die Ebene der Zeichnung bewiesen ist, gilt für jede durch A gelegte Ebene eines grössten Kreises der Kugel. Denken wir die Ebene der Zeichnung um die Hauptachse gedreht, so beschreibt die Figur $A S_1 S_2$ — mit allen zwischen S_1 und S_2 einfallenden Strahlen — einen soliden Kegel, welcher von A gegen das Kugelflächenstück hin divergirt.

Durch die Brechung an der Kugelfläche wird daraus ein nach a hin convergirender Kegel gebildet.

Unser Simplum ist lichtsammelnd (collectiv).

Da in jedem zusammengehörigen Strahlenpaar der einfallende und der gebrochene Strahl ihre Rollen tauschen können; so muss, wenn a einen Lichtpunkt darstellt, A das Bild desselben sein. (Dieser Strahlengang ist durch den unteren Pfeil gekennzeichnet.)

A und a sind für die gegebene Kugelfläche ein Paar zusammengehöriger[a] Bildpunkte.

[a] conjugirter.

Für den zweiten Fall des Strahlenganges, wo a Lichtpunkt, schreiben wir Gleichung Ia.)

$$\frac{n_2}{f_2} + \frac{n_1}{f_1} = \frac{n_2 - n_1}{R}.$$

$$n_2 - n_1 = -(n_1 - n_2).$$

$$\text{Ib)}\ \frac{n_2}{f_2} + \frac{n_1}{f_1} = \frac{n_1 - n_2}{-R}.$$

Ib) ist jetzt symmetrisch mit Ia: d. h. rechter Hand steht im Zähler des Bruchs voran die Brechungszahl desjenigen Mittels, in welches der gebrochene Strahl eindringt.

Also ist der Halbmesser R jetzt negativ zu setzen, wenn die Kugel dem einfallenden Lichtstrahl ihre Hohlfläche[a] zukehrt. a) Concavität.

§. 3. Gl. I, § 1 ist die erste Form der Scheitelgleichung der zusammengehörigen Bildabstände für eine einzelne Kugelfläche.

Die veränderlichen Grössen f_1 und f_2 sind vom Scheitel S ab gerechnet; und zwar im Hauptfall f_1 positiv, wenn der Lichtpunkt A im Sinne der Lichtbewegung vor S liegt; und f_2 positiv, wenn der Bildpunkt a im Sinne der Lichtbewegung hinter S liegt.

Eine wesentliche Vereinfachung erwächst uns aus der Einführung der Hauptbrennpunkte.

Betrachten wir den Fall, dass f_1 unendlich gross gegen R; dass also für unsere Messungen

$$f_1 + R = f_1 - R = f_1.$$

Dann wird

$$\frac{f_1}{R} = \infty,\ \frac{R}{f_1} = 0.$$ [1]

Denjenigen Werth von f_2, der zu $f_1 = \infty$ gehört, bezeichnen wir mit F_2. Dann wird aus Gl. I, § 1

$$1)\ \frac{n_1}{\infty} + \frac{n_2}{F_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}.$$

$$\frac{n_1}{\infty} = 0.$$

$$2)\ \frac{n_2}{F_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}, \text{ oder}$$

$$\text{II}\ F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}, \text{ oder}$$

$$3)\ n_2 = \frac{n_2 - n_1 \cdot F_2}{R}, \text{ oder}$$

$$4)\ \frac{R}{F_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_2}.$$

---

1) Sei z. B. $f_1 = 100$ Meter, $R = 0{,}01$ Meter; so können wir mit dem Meterstab die Strecke von 100 Metern nicht bis auf 10 Mm. genau ausmessen.

R ist stets eine endliche Grösse. Denn $R = \infty$ bedeutet nicht eine Kugelfläche, sondern eine Ebene.

Denken wir A auf der Hauptachse so weit von S abgerückt, dass $f_1 = \infty$ gegen R; so wird das von A auf die kleine Oeffnung der Kugelfläche einfallende Strahlenbündel parallel der Hauptachse, da

$$\angle \beta = \frac{l}{f_1} = \frac{l}{\infty} = 0,$$

d. h. unmessbar klein wird.

Der Punkt B_2 (Fig. 77), in welchem das der Hauptachse parallele,

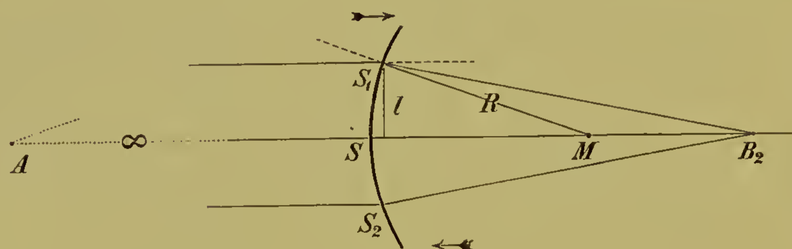


Fig. 77.

auf $S_1 S_2$ einfallende Strahlenbündel durch die Brechung vereinigt wird, heisst der zweite Hauptbrennpunkt des Simplum. Für unseren Hauptfall liegt er im zweiten Mittel.

$$SB_2 = F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}.$$

B_2 ist der Vereinigungspunkt eines achsennahen,[a] der Hauptachse parallelen Strahlenbündels.

[a] peri-axialen.

Aus der Umkehrbarkeit des Strahlenganges folgt, dass, wenn von B_2 ein schmales Strahlenbündel ausgeht und auf die Trennungsfläche $S_1 S_2$ auffällt, dasselbe nach der Brechung als ein der Hauptachse paralleles Strahlenbündel im ersten Mittel weiter zieht.

Jeder achsennahe Strahl, welcher im ersten Mittel der Hauptachse parallel zieht, geht im zweiten Mittel durch B_2.

Jeder achsennahe Strahl, welcher im zweiten Mittel durch B_2 zieht, ist im ersten Mittel der Hauptsache parallel.

Setzen wir nunmehr $f_2 = +\infty$ gegen R und bezeichnen das zu diesem Werth von f_2 gehörige f_1 mit F_1; so folgt aus Gl. I, § 1

$$5) \quad \frac{n_1}{F_1} + \frac{n_2}{\infty} = \frac{n_2 - n_1}{R}, \text{ oder}$$

$$\text{III)} \quad F_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}, \text{ oder}$$

$$6) \quad n_1 = \frac{n_2 - n_1 \cdot F_1}{R}, \text{ oder}$$

$$7)\ \frac{R}{F_1} = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\ .$$

Ist f_2 unendlich gross gegen R, so ist das von a auf die Hohlkugelfläche $S_1 S_2$ fallende Strahlenbündel der Hauptachse parallel und geht nach der Brechung durch den Punkt B_1 der Hauptachse (Fig. 78),

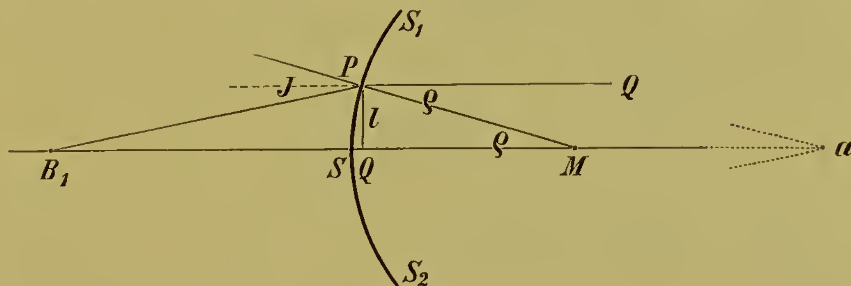


Fig. 78.

welcher als **erster Hauptbrennpunkt** bezeichnet wird und für unseren Hauptfall im **ersten** Mittel liegt.

Seine Entfernung ist bestimmt durch

$$B_1 S = F_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}\ \text{(III)}.$$

Ein von B_1 ausgehender, achsennaher Strahl ist im zweiten Mittel der Hauptachse parallel. Ein im zweiten Mittel der Hauptachse paralleler Strahl geht im ersten Mittel durch B_1.

Die in B_1 und B_2 senkrecht zur Hauptachse errichteten Ebenen heissen die erste, bezw. zweite Hauptbrennpunktsebene.

§ 4. Jetzt vermögen wir, mit Hilfe der Werthe für die beiden Hauptbrennweiten, der Scheitelgleichung eine **bequemere** Gestalt zu geben.

$$1)\ \frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}\ \cdot\ \text{(Gl. I, § 1)}.$$

$$2)\ n_1 = \frac{n_2 - n_1 \cdot F_1}{R}\ \text{(Gl. 6, § 3)}.$$

$$3)\ n_2 = \frac{n_2 - n_1 \cdot F_2}{R}\ \text{(Gl. 3, § 3)}.$$

$$4)\ \left(\frac{n_2 - n_1}{R}\right) \cdot \frac{F_1}{f_1} + \left(\frac{n_2 - n_1}{R}\right) \cdot \frac{F_2}{f_2} = \frac{n_2 - n_1}{R}\ .$$

$$\text{IV)}\quad \frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = 1.$$

Dies ist die **zweite Form der Scheitelgleichung**.

Aus IV folgt

$$5)\ \frac{F_2}{f_2} = 1 - \frac{F_1}{f_1} = \frac{f_1 - F_1}{f_1}.$$

$$6)\ \frac{1}{f_2} = \frac{f_1 - F_1}{f_1 F_2},\ \text{oder}$$

$$\text{IV a)}\quad f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}.$$

Aus IV folgt auch

$$7)\ \frac{F_1}{f_1} = 1 - \frac{F_2}{f_2},\ \text{oder}$$

$$\text{IV b)}\quad f_1 = \frac{f_2 F_1}{f_2 - F_2}.$$

Gleichung IVa und IVb dienen dazu, aus den constanten Grössen des Systems (F_1 und F_2, die ja nur von n_1, n_2 und R abhängen,) sowie aus einer der beiden zusammengehörigen Vereinigungsweiten die andere bequem zu berechnen.

$$\S\ 5.\quad 1)\ F_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}.\ \text{(Gl. III, § 3).}$$

$$2)\ F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}.\ \text{(Gl. II, § 3).}$$

Dividirt man Gl. 2 in Gl. 1, so folgt

$$\text{V.}\quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Die beiden Hauptbrennweiten verhalten sich zu einander wie die entsprechenden Brechungszahlen.[1])

Subtrahirt man Gl. 1 von Gl. 2, so folgt

$$3)\ F_2 - F_1 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1} - \frac{n_1 R}{n_2 - n_1} = \frac{(n_2 - n_1) R}{(n_2 - n_1)}.$$

$$\text{VI.}\quad F_2 - F_1 = R.$$

Der Unterschied der ersten Hauptbrennweite von der zweiten ist gleich dem Krümmungshalbmesser.

$$SB_2 - SB_1 = SM.$$

---

1) Bei dem wirklichen Simplum ist niemals $F_1 = F_2$: sonst wäre

$$n_1 = n_2,$$
$$n_1\ i = n_2\ r,$$
$$i = r;$$

d. h. jeder Einfallswinkel gleich seinem Brechungswinkel, jeder Strahl unabgelenkt. Sind beide Mittel optisch gleich, so findet keine Lichtbrechung statt. Davon werden wir bei Betrachtung des Auges Gebrauch machen.

§ 6. Hauptbrennpunktsgleichung.

Wir setzen $AB_1 = \varphi_1$ und $B_2 a = \varphi_2$. (Fig. 79.)

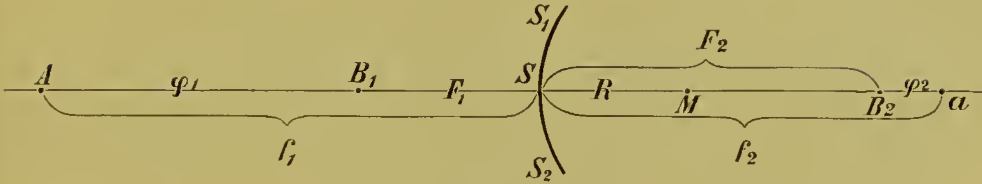


Fig. 79.

1) $AB_1 = AS - B_1 S$ oder $\varphi_1 = f_1 - F_1$, folglich $f_1 = \varphi_1 + F_1$.
2) $B_2 a = Sa - SB_2$ oder $\varphi_2 = f_2 - F_2$, folglich $f_2 = \varphi_2 + F_2$.

Wenn wir in Gl. IVa des § 4

$f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}$ die obigen Werthe von f_1 und f_2 einsetzen, so folgt:

$$3)\ \varphi_2 + F_2 = \frac{(\varphi_1 + F_1) F_2}{\varphi_1}$$

$$4)\ \varphi_1 \varphi_2 + \varphi_1 F_2 = \varphi_1 F_2 + F_1 F_2, \text{ oder}$$

$$\text{VII. } \varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2 \text{ oder } \frac{\varphi_1 \varphi_2}{F_1 F_2} = 1 \text{ oder } \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

$$\text{VIIa. } \varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1};$$

$$\text{VIIb. } \varphi_1 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_2}.$$

Sind F_1 und F_2 bekannt, und wird der Lichtpunkt A auf der Hauptachse gegeben durch seine Entfernung φ_1 vom ersten Hauptbrennpunkt B_1; so ist durch Gl. VIIa der zugehörige Bildpunkt auf derselben Hauptachse bestimmt durch seine Entfernung φ_2 vom zweiten Hauptbrennpunkt B_2.

§ 7. Mittelpunktsgleichung.

Man kann auch die Entfernungen der Punkte A und a, sowie B_1 und B_2 vom Mittelpunkt M ab bemessen.

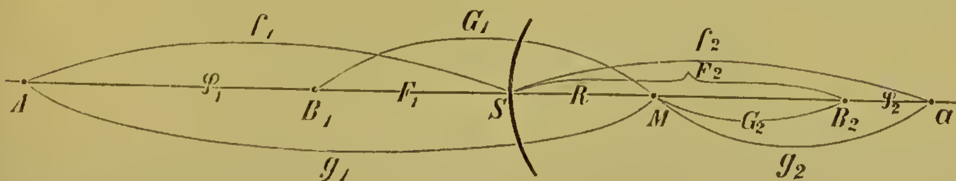


Fig. 80.

Wir wollen B_1M mit G_1, MB_2 mit G_2, AM mit g_1, Ma mit g_2 bezeichnen.

1) $B_1 M = G_1 = F_1 + R = F_2$. (Gl. VI, § 5).

2) $MB_2 = G_2 = F_2 - R = F_1$.

3) $AM = g_1 = \varphi_1 + G_1 = \varphi_1 + F_2$; also $\varphi_1 = g_1 - G_1$.

4) $aM = g_2 = \varphi_2 + G_2 = \varphi_2 + F_1$; also $\varphi_2 = g_2 - G_2$.

Setzen wir in Gl. VII, § 6 jetzt die obigen Werthe ein; so folgt

5) $(g_1 - G_1)(g_2 - G_2) = G_1 G_2$.

6) $g_1 g_2 - g_2 G_1 - g_1 G_2 + G_1 G_2 = G_1 G_2$

7) $g_2 G_1 + g_1 G_2 = g_1 g_2$. Dividirt man durch $g_1 g_2$, so folgt

VIII. $\frac{G_1}{g_1} + \frac{G_2}{g_2} = 1$; also VIII a) $g_2 = \frac{g_1 G_2}{g_1 - G_1}$.

Gl. IV, § 4 und Gl. VIII, § 7 sind nur 2 besondere Fälle eines allgemeinen Gesetzes.[1])

§ 8. Die zusammengehörigen Bildgrössen.

A sei ein Lichtpunkt, a sein Bild. (Fig. 81.) Wenn neben A, in gleicher Entfernung von M, noch ein zweiter Lichtpunkt C vor-

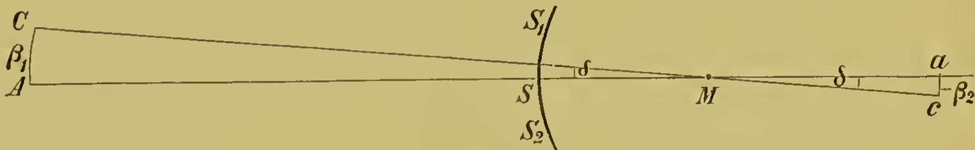


Fig. 81.

handen ist, dessen Strahlen alle nahezu senkrecht auf das kleine Kugelflächenstück $S_1 S_2$ auffallen; so liegt sein Bildpunkt c auf der Achse MC, ebenso weit von M entfernt, wie a. (§ 2).

Alle Lichtpunkte zwischen A und C haben ihre Bildpunkte zwischen a und c. Gegenstand (CA) und Bild (ac) sind geometrisch ähnlich oder perspectivisch zu einander in Bezug auf den Krümmungsmittelpunkt. Wir bezeichnen die Grösse des Gegenstandes mit β_1, die des Bildes mit $-\beta_2$. (Das Minuszeichen bedeutet die entgegengesetzte Lage zur Hauptachse.) $\angle CMA = \angle aMc = \delta$ als Scheitelwinkel; δ soll ein sehr kleiner Winkel sein.

$$\frac{AC}{AM} = \frac{ac}{aM}, \text{ oder IX. } \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{g_1}{g_2}.$$

1) Man erhält Gleichungen von der Form IV (oder VIII), wenn man die Entfernung des Lichtpunktes rechnet von einem beliebigen Achsenpunkt K und die Entfernung des Bildes von dem zu K conjugirten Punkt k.

AC und ac sind also sehr kleine Bögen; man kann sie als gerade Linien behandeln, die auf Aa senkrecht stehen.

Ein kleiner ebener Gegenstand, der bei A senkrecht auf der Hauptachse steht, hat bei a sein ebenes Bild, gleichfalls senkrecht zur Hauptachse.

Ist AS unendlich gross gegen R, so rückt a in den zweiten Brennpunkt und c in einen sehr nahe an B_2 gelegenen Punkt der zweiten Brennpunktsebene. Das von C ausfahrende, der Nebenachse CM parallele Strahlenbündel vereinigt sich in dem Punkt der Nebenachse, in welchem diese die zweite Hauptbrennebene schneidet.

Eine gleiche Betrachtung gilt für den kleinen Theil der ersten Hauptbrennebene, der nahe um B_1 belegen ist. Wenn aS unendlich gross gegen R, so wird das von c ausfahrende, der Nebenachse cM parallele Strahlenbündel in demjenigen Punkt C der 1. Hauptbrennebene vereinigt, in welchem dieselbe von der Nebenachse cM geschnitten wird.

§ 9. Die Hauptbrennpunktsgleichung der zusammengehörigen Bildgrössen.

1) $$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{g_1}{g_2} \text{ (Gl. IX, § 8)} = \frac{\varphi_1 + F_2}{\varphi_2 + F_1}. \text{ (Gl. 3 u. 4, § 7; Fig. 82)}$$

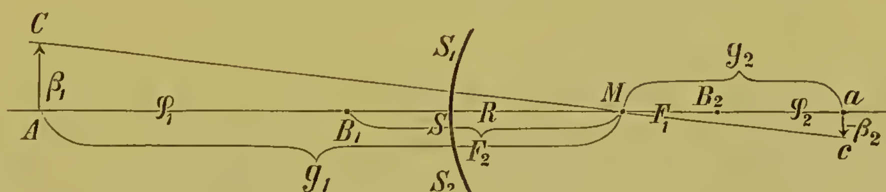


Fig. 82.

2) $$\varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1}. \text{ (Gl. VIIa, § 6).}$$

3) $$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1 + F_2}{\left(\frac{F_1 F_2}{\varphi_1}\right) + F_1} = \frac{\varphi_1(\varphi_1 + F_2)}{F_1 F_2 + F_1 \varphi_1} = \frac{\varphi_1(\varphi_1 + F_2)}{F_1(\varphi_1 + F_2)}.$$

3 a) $$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}.$$

4) $$\frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}. \text{ (Gl. VII, § 6).}$$

X. $$-\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

Dies ist die kürzeste und bequemste Regel, da sie das Verhältniss der zusammengehörigen Bild-Fernen und Grössen auf das einfachste bestimmt.

§ 10. Scheitelgleichung der zusammengehörigen Bildgrössen.

1) $\varphi_1 = f_1 - F_1$. (Gl. 1, § 6.)
2) $\varphi_2 = f_2 - F_2$. (Gl. 2, § 6.)
3) $\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}$. (Gl. X, § 9.)

$$\text{XI.} \quad \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{f_1 - F_1}{F_1} = \frac{F_2}{f_2 - F_2}.$$

§ 10 a. Zusatz. Der Fall $R = \infty$ giebt die Brechung an einer ebenen Trennungsfläche zwischen zwei durchsichtigen Mitteln.

Aus Gl. I, § 1 wird $\frac{n_1}{f_1} + \frac{n_2}{f_2} = 0$ oder $f_2 = -\frac{n_2}{n_1} f_1$.

Das Bild liegt auf derselben Seite der brechenden Ebene, wie der Gegenstand, aber in anderer Entfernung. Ein in Luft befindliches Auge sieht einen kleinen im Wasser befindlichen Gegenstand (mit nahezu senkrechten Strahlen) in $^3/_4$ seiner wirklichen Tiefe; das Bild hat an dieser Stelle die Grösse des Gegenstandes.

(Aus $\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{f_1 - F_1}{F_1}$ (Gl. IX, § 10) wird, für $F_1 = \infty$,

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\frac{f_1}{F_1} - 1}{1} = -1, \text{ also } \beta_1 = \beta_2.)$$

Bei schrägem Einfall des Lichts auf die Trennungsebene tritt eine merkliche Verschiebung des Lichtpunkts ein. Ist A das Auge eines Menschen in Luft, F das eines Fisches unter Wasser (Fig. 74); so sieht ersteres das letztere in der Verlängerung der Graden AB über B hinaus, und letzteres sieht das erstere in der Verlängerung der Graden FB über B hinaus.

§ 11. Construction des Bildes.

I. AA_1 sei der Gegenstand, senkrecht zur Hauptachse. (Fig. 83). Wir ziehen von A_1 zwei Strahlen:

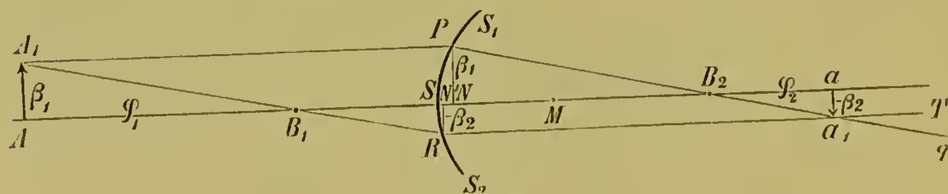


Fig. 83.

1) $A_1 P$, welcher der Hauptachse parallel einfällt, geht nach der Brechung durch B_2, in Richtung Pq. (§ 3.)

2) $A_1 R$ geht vor der Brechung durch B_1, nach der Brechung parallel zur Hauptachse, in Richtung RT. (§ 3.)

Die beiden gebrochenen Strahlen Pq und RT schneiden sich in a_1; in demselben Punkt müssen sich alle von A_1 ausgehenden Strahlen, die auf $S_1 S_2$ fallen, wieder vereinigen: a_1 ist das Bild von A_1.

Fällen wir ein Loth $a_1 a$ auf die Hauptachse, so ist a das Bild von A, da auch $A_1 A$ senkrecht zu AM. Wir fällen ferner die Lothe PN und RN_1 auf die Hauptachse.

$$PN \# AA_1 = \beta_1$$

$$RN^1 \# aa_1 = -\beta_2.$$

$$\triangle AA_1B_1 \sim \triangle N^1RB_1, \text{ also } \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}.$$

$$\triangle PNB_2 \sim \triangle aa_1B_2, \text{ also } \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

II. AP sei ein beliebiger, einfallender Strahl. (Fig. 83 a.)

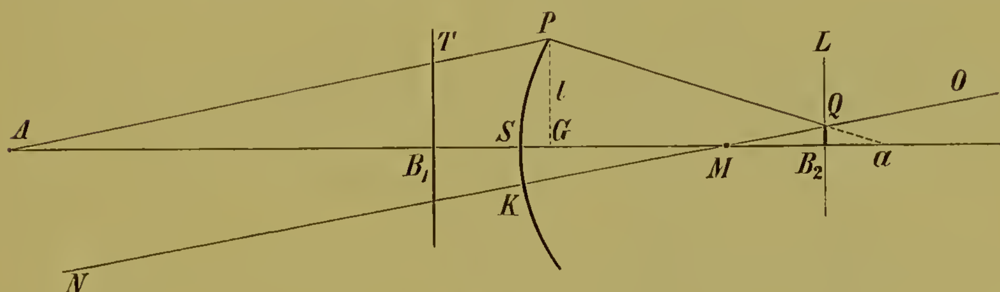


Fig. 83 a.

Um den dazu gehörigen, gebrochenen zu finden, ziehe man durch M die grade Linie $NO \neq AP$. Sie schneide die 2. Hauptbrennebene $B_2 L$ in Q: dann ist PQ der gebrochene Strahl.

Beweis: Das parallel einfallende Strahlenbündel $APNK$ vereinigt sich in einem Punkt der 2. Hauptbrennebene (§ 8), und zwar in Q, da der Strahl NM, der lothrecht auf die Kugelfläche einfällt, nicht abgelenkt wird.

$$B_2 Q = x, \quad PG = l.$$

Steht in A ein Gegenstand, so liegt in a sein Bild.

$$\frac{x}{l} = \frac{f_2 - F_2}{f_2}; \; f_2 - F_2 = \frac{f_2 F_1}{f_1}. \quad \text{(Gl. IV b, § 4).}$$

$$x = \frac{l F_1}{f_1}.$$

§ 12. Beziehungen zwischen $\frac{f_1}{f_2}$, $\frac{g_1}{g_2}$, $\frac{\varphi_1}{\varphi_2}$.

$$1) \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{F_1}{f_2 - F_2}. \quad \text{(Gl. IV b, § 4.)}$$

$$2)\ \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{F_2}{f_2 - F_2}. \quad \text{(Gl. XI, § 10.)}$$

Dividirt man Gl. 2 in 1, so folgt

$$3)\ -\frac{f_1}{f_2} \cdot \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2}. \quad \text{(Gl. V, § 5).}$$

$$4)\ \frac{n_2 \cdot f_1}{n_1 \cdot f_2} = -\frac{\beta_1}{\beta_2}.$$

$$5)\ \frac{g_1}{g_2} = -\frac{\beta_1}{\beta_2}. \quad \text{(Gl. IX, § 8).}$$

$$\text{XII a.}\quad \frac{g_1}{g_2} = \frac{n_2 f_1}{n_1 f_2} \text{ oder } \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1 g_1}{n_2 g_2}.$$

Ferner ist

$$\left.\begin{array}{l} 6)\ \dfrac{\beta_1}{-\beta_2} = \dfrac{\varphi_1}{F_1} \\ 7)\ -\dfrac{\beta_1}{\beta_2} = \dfrac{F_2}{\varphi_2} \end{array}\right\} \text{(Gl. X, § 9.)}$$

Multiplicirt man Gl. 6 mit Gl. 7, so folgt

$$8)\ \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^2 = \frac{\varphi_1 F_2}{\varphi_2 F_1} = \frac{\varphi_1}{\varphi_2} \cdot \frac{n_2}{n_1}. \quad \text{(Gl. V, § 5.)}$$

$$9)\ \left(\frac{\beta_1}{\beta_2}\right)^2 = \left(\frac{g_1}{g_2}\right)^2. \quad \text{(Gl. IX, § 8.)}$$

$$10)\ \left(\frac{g_1}{g_2}\right)^2 = \frac{n_2 \varphi_1}{n_1 \varphi_2} \text{ oder}$$

$$\text{XII b.}\quad \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{g_1}{g_2}\right)^2. \quad \text{Also, nach XII a.)}$$

$$11)\ \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{n_1}{n_2}\left(\frac{n_2 f_1}{n_1 f_2}\right)^2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2.$$

$$\text{XII c.}\quad \frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \left(\frac{g_1}{g_2}\right)^2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2.$$

§ 13. Divergenzwinkel.

Der einfallende Strahl AP (Fig. 84) bildet mit der Hauptachse den Divergenzwinkel $PAM = \alpha_1$, der gebrochene Pa hat den

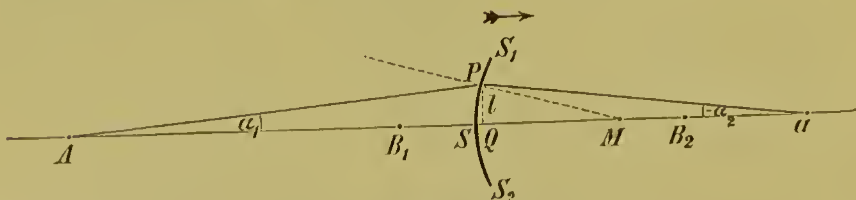


Fig. 84

Divergenzwinkel $-\alpha_2$. (Das Minuszeichen bedeutet die entgegengesetzte Lage zur Hauptachse.)

$$1)\ \alpha_1 = \frac{l}{f_1}.$$

$$2)\ -\alpha_2 = \frac{l}{f_2}.$$

$$3)\ -\frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{f_1}{f_2}.$$

$$4)\ -\frac{n_1\beta_1}{n_2\beta_2} = \frac{f_1}{f_2}.\ \text{(Folgt aus Gl. 4, § 12.)}$$

$$5)\ \frac{n_1\beta_1}{n_2\beta_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1},\ \text{oder}$$

$$\text{XIII.}\ n_1\,\alpha_1\,\beta_1 = n_2\,\alpha_2\,\beta_2.$$

Dies Gesetz von Lagrange,[1]) so unscheinbar es aussieht, wird von grosser Wichtigkeit für die Betrachtung zusammengesetzter Systeme.

§ 14. Wahl der Vorzeichen.

Unsere Gleichungen I bis XIII sind zwar von besonderen Fällen abgeleitet, aber sie gelten allgemein, da wir, ausser der Kleinheit der Einfallswinkel, keine beschränkenden Voraussetzungen gemacht haben.

Um aber die Formeln allgemein anwenden zu können, sind wir genöthigt, statt des positiven Vorzeichens jedesmal dann einer der in Betracht kommenden Grössen das negative zu geben, wenn sie, stetig abnehmend, kleiner als null geworden.

§ 15.[2]) A. Das Vorzeichen von n_1 und n_2.

Es ist $n_1 = \frac{c}{c_1}$ und $n_2 = \frac{c}{c_2}$, wo c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im leeren Raume, c_1 sowie c_2 die in den durchsichtigen Mitteln I und II bedeutet. (Defin., I.)

Die Grössen n_1 und n_2 sind stets positiv.[3])

---

1) 1778 und 1805, Berichte der königl. Akademie der Wissensch. zu Berlin. — Heath nennt es irrig das Gesetz von Helmholtz.

2) Bei der ersten Lesung können § 15—23 übergangen werden.

3) Negative Fortpflanzungsgeschwindigkeit, d. h. Umkehr des Lichtstrahls in seiner Bahn, kommt nicht vor bei der Brechung, wohl aber bei der Spiegelung. Die letztere kann man behandeln als eine Brechung, für welche $n_2 = -n_1$.

Aus dem Brechungsgesetz $n_1 \sin a_1 = n_2 \sin a_2$

wird dann $n_1 \sin a_1 = -n_1 \sin a_2$.

oder $a_1 = -a_2$.

Das ist das Gesetz der Spiegelung.

§ 16. B. Das Vorzeichen von R.

Wir haben $SM = R$ positiv gerechnet, wenn das Kugelflächenstück $S_1 S_2$ dem einfallenden Licht seine Wölbung[a] zukehrt (Fig. 85).

a) Convexität.

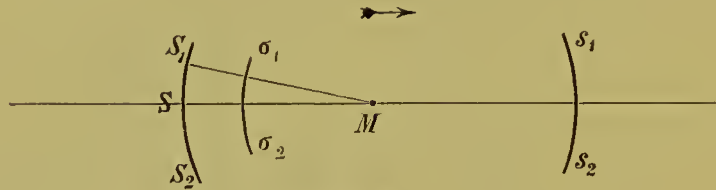


Fig. 85.

R nimmt ab, wenn S näher an M heranrückt, wenn also die kuglige Trennungsfläche aus der Lage $S_1 S_2$ in $\sigma_1 \sigma_2$ gelangt. R wird null, wenn S mit M zusammenfällt. Rückt S noch weiter in Richtung des Pfeiles fort, so wird R negativ. Die Strahlen fallen in die Höhlung[b] des Kugelstücks $s_1 s_2$.

b) Concavität.

Wird in diesem Fall R negativ gesetzt, so bleiben wir in Uebereinstimmung sowohl mit allgemein mathematischen Grundsätzen, als auch mit dem Brechungsgesetz. (§ 2, zu Ende.)

§ 17. C. Das Vorzeichen von F_1 und F_2.

α) Positive oder lichtsammelnde Systeme.

$F_1 = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}$ und $F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}$. (Gl. II und III, § 2). F_2 ist immer positiv, wenn es F_1 ist, da $\frac{F_1}{F_2} = \frac{n_2}{n_1}$ (vgl. § 15); und umgekehrt.

I. F_1 ist positiv, wenn sowohl R als auch $n_2 - n_1$ positiv: d. h., wenn einerseits die Wölbung der Kugelfläche dem einfallenden Lichtstrahl zugekehrt, andererseits das zweite Mittel optisch dichter ist. II. F_1 bleibt positiv, wenn gleichzeitig sowohl R als auch $(n_2 - n_1)$ negativ werden. Fall II bedeutet aber dasselbe System wie Fall I. nur mit umgekehrtem Strahlengang, d. h. wenn a Licht-, A Bild-Punkt. Alles zusammenfassend, können wir sagen: Die Kugelfläche wirkt positiv, wenn ihre Wölbung dem dünneren Mittel zugekehrt ist. Durch die Brechung an einer positiven Kugelfläche wird der einfallende Strahl AP gegen die Achse zu, in Richtung Pa, abgelenkt. (Fig. 84.)

Das ganze von A ausfahrende Bündel wird in a vereinigt oder gesammelt. Deshalb heisst das positive System auch lichtsammelnd[c]. Ebenso wird das von a ausfahrende Bündel in A gesam-

c) collectiv.

melt. Die lichtsammelnde Beschaffenheit ist unabhängig von der Richtung des Lichteinfalls.

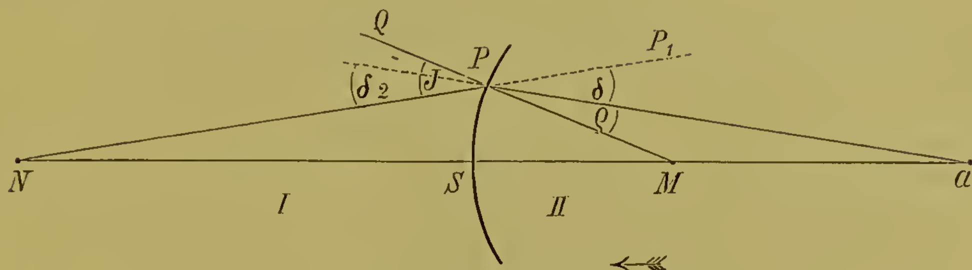


Fig. 86.

§ 18. Als Ablenkungswinkel δ wird der Winkel zwischen der Richtung des einfallenden Strahles NPP_1 und der des gebrochenen Strahles Pa bezeichnet; und positiv gerechnet im Hauptfall. (Fig. 86.)

$\angle NPQ = J$, Einfallswinkel,

MPQ, Einfallsloth,

$\angle MPa = \varrho$, Brechungswinkel.

1) $\delta = J - \varrho$ (Definition),

2) $\varrho = \frac{n_1 J}{n_2}$. (Brechungsgesetz; Gl. 1, § 1.)

3) $\delta = J - \frac{n_1 J}{n_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_2} J.$

XIV a. $\frac{\delta}{J} = \frac{n_2 - n_1}{n_2} = \frac{R}{F_2}$. (Gl. 4, § 3).

Das Verhältniss des Ablenkungs- zum Einfallswinkel ist eine constante Grösse, welche nur von den Brechungszahlen des Systems abhängt.

4) $\delta = J - \varrho = \frac{n_2}{n_1}\varrho - \varrho = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_1}\right)\varrho.$

XIV b. $\frac{\delta}{\varrho} = \frac{n_2 - n_1}{n_1} = \frac{R}{F_1}$. (Gl. 7, § 3).

§ 19. β) Negative oder lichtzerstreuende Systeme.

F_1 ist negativ (und also auch F_2), wenn die Höhlung der Kugelfläche dem optisch dünneren Mittel zugekehrt ist. (Vgl. § 17.)

Geometrisch bedeutet ein negatives F_2, dass im Sinne der Lichtbewegung B_2 vor S liegt. Es sei das erste Mittel dichter ($n_1 > n_2$, $n_2 - n_1$ negativ); AP (Fig. 87) ein beliebiger, der Hauptachse paralleler und naher Strahl. Derselbe wird bei P von dem Einfallsloth fort gebrochen, da II optisch dünner als I. Der gebrochene Strahl schneide, rückwärts verlängert, die Hauptachse in B_2; $B_2 S = F_2$.

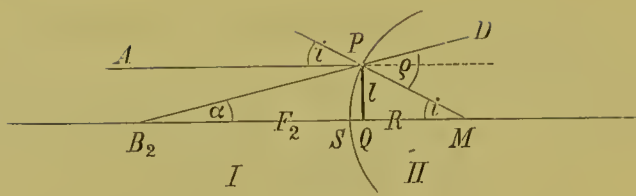


Fig. 87.

1) $n_1 i = n_2 \varrho$, also $\varrho = \frac{n_1}{n_2} i$. $[\varrho > \alpha]$.

2) $\varrho = i + \alpha$ oder $i - \varrho = -\alpha$.

3) $i - \frac{n_1}{n_2} i = -\alpha$.

4) $\left(\frac{n_2 - n_1}{n_2}\right) i = -\alpha$.

5) $\left(\frac{n_2 - n_1}{n_2}\right) \frac{l}{R} = -\frac{l}{F_2}$.

$$\text{I.} \quad -F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}.$$

R ist hier positiv, aber $n_2 - n_1$ negativ. F_1 erhält man, wenn man R negativ setzt und n_1 mit n_2 vertauscht.

$$\text{II.} \quad -F_1 = \frac{-n_1 R}{n_1 - n_2} = \frac{n_1 R}{n_2 - n_1}.$$

Oder durch eine ähnliche Construction wie für F_2.

§ 20. Die Gleichungen der zusammengehörigen Bild-Fernen und Grössen für negative Systeme.

A. AA_1 sei der Gegenstand (Fig. 88). Der zur Hauptachse parallele Strahl AP geht nach der Brechung durch B_2, in Richtung PQ.

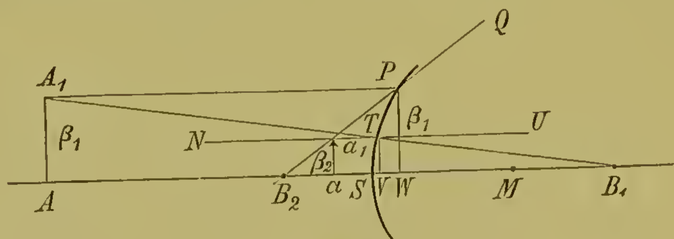


Fig. 88.

Der nach B_1 zielende Strahl $A_1 B_1$ ist nach der Brechung der Hauptachse parallel und zieht weiter in Richtung TU.

Die beiden gebrochenen Strahlen schneiden sich, rückwärts verlängert, in a_1, dem Bild von A_1. Fällt man Lothe von a_1, T, P au

die Hauptachse und berücksichtigt, dass V und W ganz nahe an S fallen, so folgt

$$1)\ \frac{AA_1}{TV} = \frac{AB_1}{SB_1} \text{ oder } \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}.$$

$$2)\ \frac{PW}{aa_1} = \frac{SB_2}{aB_2} \text{ oder } \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

$$3)\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2}.$$

$$\text{und } 4)\ \varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2.$$

Gleichung 3 entsteht aus der für positive Systeme, (Gl. X, § 9), wenn F_1 und F_2 negativ gesetzt werden. Für negative Systeme ist das Bild aufrecht, wenn φ_1 positiv, d. h. der Gegenstand vor B_1 belegen. Gleichung 4 ist identisch[1]) mit der für positive Systeme (Gl. VII, § 6) und darum von allgemeinster und bequemster Anwendung.

B. AA_1 sei der Gegenstand, aa_1 sein Bild. (Fig. 89). Da der

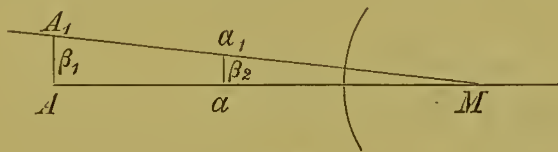


Fig. 89.

Strahl $A_1 M$, der lothrecht einfällt, nicht abgelenkt wird, so geht er auch durch den Bildpunkt a_1. Folglich ist

$$5)\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{g_1}{g_2}.$$

Diese Gleichung folgt aus der entsprechenden für positive Systeme (Gl. IX, § 8), wenn g_2 negativ gesetzt wird.

C. In Fig. 88 ist

$$6)\ AS = f_1 = AB_1 - SB_1 = \varphi_1 - F_1; \text{ oder } \varphi_1 = f_1 + F_1.$$

$$7)\ aS = f_2 = B_2 S - B_2 a = F_2 - \varphi_2; \text{ oder } \varphi_2 = F_2 - f_2.$$

Nach Gl. 3 dieses § ist also

$$8)\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{f_1 + F_1}{F_1} = \frac{F_2}{F_2 - f_2}.$$

1) Natürlich ist auch für negative Systeme das Product $F_1 \times F_2$ positiv, da minus $\times$ minus = plus.

$F_1 F_2$ ist immer positv, denn es ist gleich

$$\frac{n_1 n_2 r^2}{(n_2 - n_1)^2}.$$

Aus den beiden letzten Gliedern dieser Doppelgleichung ergiebt sich

$$F_2 - f_2 = \frac{F_1 F_2}{f_1 + F_1} \text{ oder}$$

$$9) \quad -f_2 = \frac{-f_1 F_2}{(f_1 + F_1)}.$$

Diese Gleichung folgt aus der entsprechenden (Gl. IVa, § 4; $f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}$) für positive Systeme, wenn F_1 und F_2 jetzt negativ gesetzt werden. Also wird f_2 negativ für positive f_1, in negativen Systemen.

$$10) \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{f_1 + F_1}{F_2}. \quad \text{(Nach Gl. 9 dieses §.)}$$

$$11) \quad \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{f_1 + F_1}{F_1}. \quad \text{(Nach Gl. 8 dieses §.)}$$

$$12) \quad \frac{f_1 \cdot \beta_2}{f_2 \cdot \beta_2} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ oder}$$

$$13) \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{n_1 \beta_1}{n_2 \beta_2}.$$

§ 21. Ablenkungs- und Divergenzwinkel in negativen Systemen.

A. $\delta = J - \varrho$ wird negativ (Fig. 89a), da ϱ (im 2., dünneren Mittel) grösser, als J. Der Strahl wird durch die Brechung von der

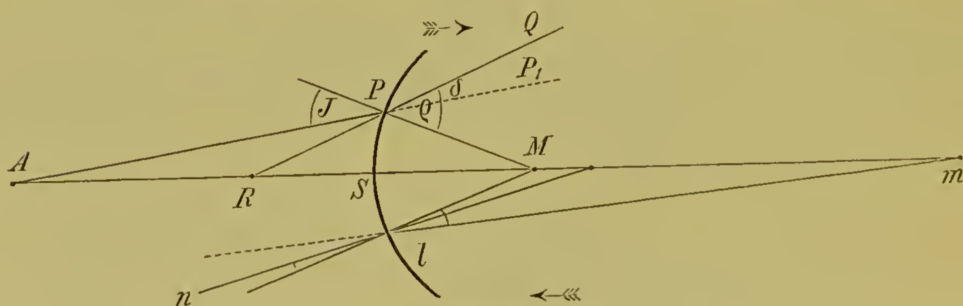


Fig. 89a.

Achse entfernt. AP geht weiter in Richtung PQ. Der divergent einfallende Strahlenkegel wird durch die Brechung stärker divergent. Ebenso wird bei der umgekehrten Richtung des Strahlenganges ein convergent auffallendes Strahlenbündel ($QPMS$) durch die Brechung weniger convergent; es vereinigt sich nicht schon in R, sondern erst in A.

B. In negativen Systemen haben die zusammengehörigen Divergenzwinkel die gleiche Lage gegen die Hauptachse

$AS = f_1$; $aS = f_2$. (Fig. 90.)

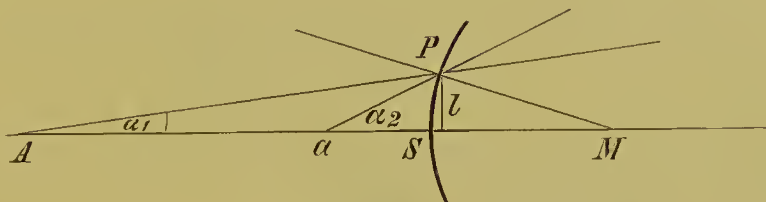


Fig. 90.

$$1)\ \frac{l}{f_1} = \text{tang. } \alpha_1 = \alpha_1.$$

$$2)\ \frac{l}{f_2} = \text{tang. } \alpha_2 = \alpha_2.$$

Dividirt man Gleichung 1 in 2, so folgt

$$3)\ \frac{f_1}{f_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}.$$

$$4)\ \frac{f_1}{f_2} = \frac{\beta_1}{\beta_2} \cdot \frac{n_1}{n_2}. \quad \text{(Gl. 13, § 20.)}$$

$$5)\ \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{\beta_1 \cdot n_1}{\beta_2 \cdot n_2}.$$

6) $n_1 \alpha_1 \beta_1 = n_2 \alpha_2 \beta_2$: genau so wie für positive Systeme. Wir können also die Gleichung von Lagrange für jedes Simplum anwenden.

§ 22. Die Vorzeichen von f_1 und f_2, g_1 und g_2, φ_1 und φ_2.

$f_1 = AS$ wurde positiv gerechnet, wenn im Gange der vom ersten Mittel her einfallenden Lichtstrahlen A vor S liegt; f_1 nimmt ab, wenn A näher an S heranrückt und wird null, wenn A mit S zusammenfällt. Im letzteren Fall wird auch $f_2 = 0$, denn

$$f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}.$$

In S fallen Gegenstand und Bild zusammen[α]; von S aus dringen Strahlen nach beiden Mitteln ungebrochen vor, — allerdings mit verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit. α) Erste Symptose.

Rückt A in gleichem Sinne weiter, d. h. noch über S hinaus: so wird $f_1 < 0$, d. h. negativ. Wenn A in M liegt, ist $f_1 = -R$, d. h. $= -(F_2 - F_1)$; also wird $f_2 = +R$.

α) Zweite Symptose.

Auch in M fällt Licht- und Bild-Punkt zusammen[a]; alle von M ausfahrenden Strahlen fallen lothrecht auf die Kugelfläche und gehen ungebrochen in das andere Mittel über.

$f_2 = Sa$ wurde positiv gesetzt, wenn im Sinne der aus dem ersten in's zweite Mittel vordringenden Strahlen a hinter S liegt; f_2 wird null, wenn a mit S zusammenfällt, und negativ, wenn a in's erste Mittel hineinrückt.

Ebenso wie f_1 ist g_1 und φ_1 zu behandeln, nur dass M für g_1 und B_1 für φ_1 den Nullpunkt darstellt.

§ 23. Discussion der Hauptbrennpunktsgleichungen.

Gegeben seien F_1 und F_2, die Constanten des Systems, und ferner Entfernung und Grösse des Gegenstands (φ_1 und β_1): gesucht sind Entfernung und Grösse des Bildes (φ_2 und β_2).

Es gelten die Gleichungen

$$\varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2 \text{ oder } \varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1}. \text{ (Gl. VII u. VIIa, § 6).}$$

$$-\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1} = \frac{F_2}{\varphi_2} \text{ . (Gl. X, § 9).}$$

$-\frac{\beta_1}{\beta_2}$ ist das eigentliche, $-\frac{\beta_2}{\beta_1}$ das umgekehrte Bildgrössenverhältniss.

Während φ_1 von $+\infty$ bis 0 und von 0 bis $-\infty$ verändert wird, nimmt erstlich φ_2 jeden Werth an von 0 bis $+\infty$ und von $-\infty$ bis 0, aber jeden Werth nur einmal, d. h. für ein bestimmtes φ_1 und nimmt zweitens auch $-\frac{\beta_1}{\beta_2}$, das ja proportional ist zu φ_1, jeden Werth an von 0 bis $+\infty$ und von $-\infty$ bis null, aber jeden Werth nur einmal, d. h. für ein bestimmtes φ_1.

Während der Gegenstand, sich selber parallel, aus unendlicher Entfernung bis zur Lage AC (Fig. 91) heranrückte, ist sein Bild von

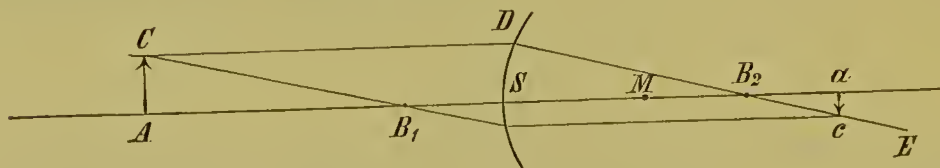


Fig. 91.

B_2 bis a abgerückt und hat inzwischen alle Grössen zwischen 0 und ac angenommen, da der Bildpunkt c stets der geraden Linie DB_2 angehören musste.

φ_1	φ_2	$-\frac{\beta_1}{\beta_2}$	$-\frac{\beta_2}{\beta_1}$	Bemerkungen.
$+\infty$	0	$+\infty$	0	
$+F_2$	$+F_1$	$\frac{F_2}{F_1} = \frac{n_2}{n_1}$	$\frac{n_1}{n_2}$	
$+F_1$	$+F_2$	$+1$	$+1$	Die zusammengehörigen Bilder sind gleich gross, aber entgegengesetzt gerichtet, für positive Simpla.
0	$+\infty$	0	$+\infty$	
$-F_1$	$-F_2$	-1	-1	Die zusammengehörigen Bilder sind gleich gross und gleich gerichtet, für positive Simpla.
$-F_2$	$-F_1$	$-\frac{F_2}{F_1} = -\frac{n_2}{n_1}$	$= -\frac{n_1}{n_2}$	
$-\infty$	0	$-\infty$	0	

§ 24. Die charakteristischen oder fundamentalen Punktpaare.

Aus der unzähligen Menge zusammengehöriger Punktpaare der Hauptachse wollen wir einige charakteristische oder fundamentale hervorheben:

1) Bedingung: $-\frac{\beta_1}{\beta_2} = +\infty$; d. h. $\varphi_1 = +\infty$; also $\varphi_2 = 0$. Dem vorderen, in unendlicher Ferne gelegenen Endpunkt der Hauptachse ist der zweite Hauptbrennpunkt B_2 zugeordnet.

2) Bedingung: $-\frac{\beta_1}{\beta_2} = 0$, d. h. $\varphi_1 = 0$; oder $\varphi_2 = \infty$. Dem hinteren, in unendlicher Ferne gelegenen Endpunkt der Hauptachse ist der erste Hauptbrennpunkt B_1 zugeordnet.

3) Bedingung: $-\frac{\beta_1}{\beta_2} = -1$, also $\beta_1 = \beta_2$. Die zusammengehörigen Bilder seien gleich gross und gleich gerichtet. Hierdurch bestimmen wir ein Paar zusammengehöriger Punkte, die (nach Gauss) als Hauptpunkte des Systems bezeichnet werden, sowie die in ihnen zur Hauptachse senkrechten Ebenen als Hauptebenen. Unsere Bedingung erfordert $\varphi_1 = -F_1$, bestimmt also

$$\varphi_2 = -F_2.$$

$\varphi_1 = -F_1$ bedeutet den Scheitel S; $\varphi_2 = -F_2$ bedeutet gleichfalls den Scheitel. Der Punkt S des Simplum ist sich selber conjugirt oder ein Doppelpunkt.[1])

4) Bedingung: $-\frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{n_2}{n_1}$, d. h.

$$\frac{n_1 \beta_1}{n_2 \beta_2} = 1 \text{; dann folgt}$$

(aus Gl. 5, § 13) $\alpha_1 = \alpha_2$.

Die Divergenzwinkel seien gleich gross und gleich gerichtet. Hierdurch bestimmen wir ein Paar zusammengehöriger Punkte, die (nach Listing) als Knotenpunkte des Systems bezeichnet werden, sowie die in ihnen zur Hauptachse senkrechten Ebenen als Knotenpunktsebenen. Unsere Bedingung erfordert $\varphi_1 = -F_2$, bestimmt als $\varphi_2 = -F_1$.

$\varphi_1 = -F_2$ bezeichnet den Krümmungsmittelpunkt M, $\varphi_2 = -F_1$ bezeichnet gleichfalls den Krümmungsmittelpunkt. Auch der Punkt M des Simplum ist sich selber zugeordnet oder ein Doppelpunkt.[2])

In jedem positiven Systeme sind die fundamentalen Punkte folgendermassen geordnet, für die aus dem ersten Mittel vordringenden Lichtstrahlen: der erste Brennpunk ist der erste, der zweite Brennpunkt der letzte der fundamentalen Punkte.

§ 25. Erweiterung des Begriffs der Hauptbrennweiten.

a. Wird der Gegenstand $\beta_1 = 1$ von einem beliebigen Achsenpunkt aus um die Strecke $-F_1$[3]) verschoben, so wächst die directe Vergrösserungszahl v um die Einheit an.

Es sei 1) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = -\frac{\varphi_1}{F_1} = \alpha$, wo α eine beliebige Zahl. Es sei

ferner 2) $\frac{\beta_1}{b_2} = -\frac{f_1}{F_1} = \alpha + 1$.

Gesucht wird f_1.

$$3) \quad -\frac{f_1}{F_1} = -\frac{\varphi_1}{F_1} + 1 = \frac{F_1 - \varphi_1}{F_1}.$$

$$\frac{f_1}{F_1} = \frac{\varphi_1 - F_1}{F_1}.$$

$$4) \quad f_1 = \varphi_1 - F_1.$$

1) In zusammengesetzten Systemen fallen die beiden Hauptpunkte nicht in einen Punkt zusammen.

2) In zusammengesetzten Systemen fallen die beiden Knotenpunkte nicht in einen Punkt zusammen.

3) D. h. um den absoluten Werth von F_1, in der Richtung nach S.

b. Wird das Bild β_2 um $-F_2$ verschoben,[1] so wächst das umgekehrte Bildgrössenverhältniss um die Einheit an.

5) Es sei $\frac{\beta_2}{\beta_1} = -\frac{\varphi_2}{F_2} = \gamma$, wo γ eine beliebige Zahl. Es sei

ferner 6) $\frac{\beta_2}{b_1} = -\frac{f_2}{F_2} = \gamma + 1$.

$$7)\ -\frac{f_2}{F_2} = -\frac{\varphi_2}{F_2} + 1 = \frac{F_2 - \varphi_2}{F_2}.$$

$$8)\ f_2 = \varphi_2 - F_2.$$

Diese erweiterte Definition der Hauptbrennweiten liefert ein sicheres Verfahren, dieselben durch den Versuch zu bestimmen.

Anhang. Spiegelung an einer Kugelfläche. (Katoptrik.)

§ 25a. Die Wirkung der kugligen Spiegel gebrauchen wir erstlich theoretisch bei der Untersuchung der optischen Constanten des lebenden Auges und zweitens praktisch beim Augenspiegeln; und verstehen wir sofort aus der Wirkung der brechenden Kugelfläche. Wenn wir für den Fall der Spiegelung setzen

$$n_2 = -n_1,$$

so folgt für den erhabenen Kugelspiegel, aus Gl. I, § 1,

$$\frac{n_1}{f_1} - \frac{n_1}{f_2} = -\frac{2n_1}{R} \text{ oder } 1)\ \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = -\frac{2}{R};$$

und für $f_1 = \infty$ folgt daraus

$$2)\ \frac{1}{F} = -\frac{2}{R}$$

oder $F = -\frac{R}{2}$. Der negative Brennpunkt liegt genau in der Mitte zwischen S und M. Endlich folgt aus Gl. X, § 7

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = -\frac{\varphi_1}{\frac{1}{2}R}, \text{ oder}$$

$$3)\ \frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\varphi_1}{\frac{1}{2}R}.$$

Für den Hohlspiegel ist $F = +\frac{R}{2}$.

Diejenigen meiner Leser, welchen diese Ableitung des Einfachen aus dem Zusammengesetzten nicht zusagt, mögen das Folgende berücksichtigen.

---

1) D. h. um den absoluten Werth von F_2, in Richtung nach S hin.

A. Hohlspiegel. $S_1 S_2$ (Fig. 92) sei ein Hohlspiegel von so kleiner Öffnung, dass $S_1 S_2$ eine sehr kleine Grösse darstellt gegen

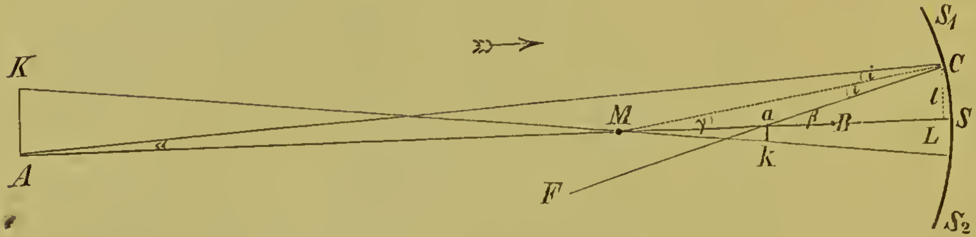


Fig. 92.

den Halbmesser $MS = r$. MS ist die Hauptachse, A ein Lichtpunkt in der derselben, AC ein beliebiger Lichtstrahl, der auf die Spiegelfläche fällt, mit sehr kleinem Einfallswinkel. ($\angle ACM = i$; der Halbmesser MC ist das Einfallsloth.) Dann ist CF der zurückgeworfene Strahl; $\angle MCF = i$.

(Das Gesetz der Spiegelung lautet: der einfallende und der zurückgeworfene Strahl liegen in derselben Ebene, zusammen mit dem Einfallsloth; der Zurückwerfungswinkel ist gleich dem Einfallswinkel.)

Der zurückgeworfene Strahl schneide die Achse in a.

Wir setzen $AS = f_1$ und $aS = f_2$ (positiv, wenn im Sinne des Lichteinfalls vor S gelegen): $\angle CAS = \alpha$, $\angle CaS = \beta$, $\angle CMS = \gamma$; $CS = l$, das Loth von C auf die Hauptachse.

Wir beschränken wieder unsere Betrachtung auf diejenigen Strahlen, welche nahezu senkrecht einfallen. Dann sind alle Winkel (i, α, β, γ) so klein, dass sie gleich ihren Sinus oder Tangenten gesetzt werden können. (Defin., II.)

1) $\beta = i + \gamma$ oder $i = \beta - \gamma$.

2) $\gamma = i + \alpha$ oder $i = \gamma - \alpha$.

3) $\beta - \gamma = \gamma - \alpha$.

4) $\alpha + \beta = 2\gamma$.

5) $\frac{l}{f_1} + \frac{l}{f_2} = \frac{2l}{r}$, oder

$$\text{I. } \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{2}{r}.$$

Hierdurch ist f_2 bestimmt, wenn r und f_1 gegeben. Da l sich forthebt, vereinigen sich alle von A zwischen S_1 und S (und ebenso zwischen S und S_2) einfallenden Strahlen nach der Spiegelung in a. a ist das Bild von A.

Setzen wir $f_1 = +\infty$ und den dazu gehörigen Werth von $f_2 = F$, so folgt

$$\frac{1}{F} = \frac{2}{r} \text{ oder II. } F = \frac{r}{2}$$

Der Brennpunkt B, d. i. der Vereinigungspunkt eines parallel der Hauptachse einfallenden schmalen Strahlenbündels, liegt in der Mitte zwischen Krümmungsmittelpunkt und Scheitel. Mit II erhalten wir jetzt aus I)

$$\text{III. } \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} \text{ oder IV. } f_2 = \frac{f_1 F}{f_1 - F} .$$

Rechnen wir die zusammengehörigen Bildentfernungen nicht vom Scheitel, sondern vom Brennpunkt, indem wir setzen $AB = \varphi_1$, $aB = \varphi_2$; so folgt

$$f_1 = \varphi_1 + F,$$

$$f_2 = \varphi_2 + F. \text{ Somit wird aus IV jetzt}$$

$$\varphi_2 + F = \frac{(\varphi_1 + F) F}{\varphi_1} \text{ oder V. } \varphi_1 \varphi_2 = FF.$$

Ist AK ein sehr kleiner Kreisbogen um M mit dem Halbmesser AM, so gilt für K in Bezug auf die Nebenachse KM genau dasselbe, wie für A in Bezug auf die Hauptachse. k ist das Bild von K, $Mk = Ma$.

Die kleinen Bögen AK und ak können als grade Linien betrachtet werden, die in A, bezw. in a auf der Hauptachse senkrecht stehen. Von dem kleinen ebenen Gegenstand AK, der senkrecht zur Hauptachse, entwirft der Hohlspiegel das Bild ak, das senkrecht zur Hauptachse und dem Gegenstand ähnlich ist. AK und ak sind in Bezug auf M perspectivisch zu einander.

$$\frac{AK}{ak} = \frac{AM}{aM} \text{ oder, wenn wir setzen}$$

$$AM = g_1, \; aM = g_2, \; AK = \beta_1, \; ak = -\beta_2,$$

(das Minuszeichen bedeutet die entgegengesetzte Lage zur Hauptachse,)

$$\text{VI. } \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{g_1}{g_2} .$$

$g_1 = \varphi_1 - F$; $g_2 = F - \varphi_2$; also folgt, mit Benutzung von V,

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{\varphi_1 - F}{F - \frac{FF}{\varphi_1}} = \frac{\varphi_1}{F} .$$

$$\text{VI a. } \frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F} = \frac{F}{\varphi_2} .$$

Für den lichtsammelnden Hohlspiegel gelten dieselben Formeln der zusammengehörigen Bild-Grössen und Fernen, wie für die lichtsammelnde, brechende Kugelfläche. Allerdings hat der Spiegel nur einen Brennpunkt.

B. Gewölbte Kugelspiegel (Fig. 93). $S_1 S_2$ sei der Spiegel von kleiner Oeffnung, M der Krümmungsmittelpunkt, A ein Lichtpunkt

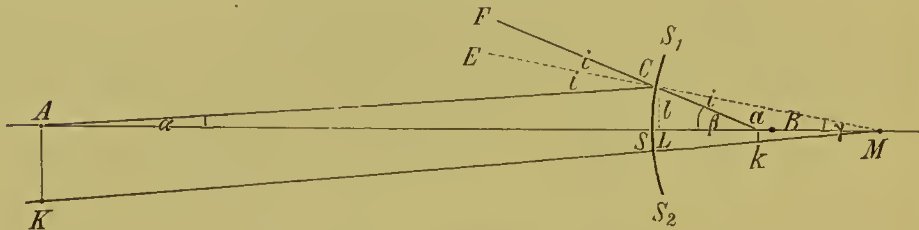


Fig. 93.

in der Hauptachse, AC ein beliebiger, einfallender Lichtstrahl; so ist CF der gespiegelte, der, rückwärts verlängert, die Hauptachse in a schneidet.

Es sei $AS = f_1$; $Sa = f_2$; $\angle CAS = \alpha$, $\angle CaS = \beta$, $\angle CMS = \gamma$; $CL = l$.

1) $i = \alpha + \gamma$; ferner $\beta = i + \gamma$, also

2) $i = \beta - \gamma$.

3) $\alpha + \gamma = \beta - \gamma$.

4) $\alpha - \beta = -2\gamma$.

5) $\frac{l}{f_1} - \frac{l}{f_2} = \frac{-2l}{r}$.

I. $\frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = -\frac{2}{r}$.

Hierdurch ist f_2 bestimmt, wenn r und f_1 gegeben. Setzen wir $f_1 = +\infty$, so dass $AC \mp$ der Hauptachse; so wird der dazu gehörige Werth von f_2, den wir F schreiben, gleich $-\frac{r}{2}$.

$$\text{II. } F = -\frac{r}{2}.$$

B, der negative Brennpunkt des gewölbten Kugelspiegels, liegt hinter demselben, in der Mitte zwischen S und M. Mit II folgt aus I

$$\text{I a. } \frac{1}{f_1} - \frac{1}{f_2} = -\frac{1}{F}.$$

Ist f_1 positiv, so wird f_2 negativ, der Bildpunkt virtuell.

Ist AK ein kleiner Kreisbogen um M, so wird ak sein Bild. Die kleinen Bögen AK und ak können als gerade Linien, senkrecht zur Hauptachse, betrachtet werden.

$$\frac{AK}{ak} = \frac{AM}{aM}.$$

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{g_1}{g_2} = \frac{\varphi_1 + F}{F + \varphi_2} = \frac{\varphi_1}{F}.$$

Die Gleichungen des Hohlspiegels gelten auch für den gewölbten, wenn F negativ wird. Dann folgt aus A, Gl. III, für den gewölbten Spiegel, dass, für positive f_1, f_2 negativ wird; und aus A, VIa, dass für positive φ_1 auch β_2 positiv wird.

$r = \infty$ giebt den ebenen Spiegel. Aus A, I folgt für den letzteren

$$\frac{1}{f_1} = -\frac{1}{f_2} \text{ oder } f_2 = -f_1.$$

Das Bild liegt ebenso weit hinter dem ebenen Spiegel wie der Gegenstand davor.

Aus A, VIa folgt, mit Benutzung von $\varphi_1 = f_1 - F$,

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{f_1 - F}{F} = \frac{\frac{f_1}{F} - 1}{1}; \text{ oder, da } F = \infty,$$

$$-\frac{\beta_1}{\beta_2} = -1, \text{ d. h. } \beta_1 = \beta_2.$$

Das Bild im ebenen Spiegel ist dem Gegenstand gleich und gleich gerichtet.

II. Lichtbrechung an mehreren Kugelflächen.

§ 26. Für die Brechung achsennaher Strahlenbündel an einer Kugelfläche gelten:

1) $\frac{b}{b'} = -\frac{l}{F} = -\frac{F'}{l'}$. (Gl. X, § 9)[1])

2) $nab = n'a'b'$. (Gl. XIII, § 13).

3) $F = \frac{nr}{n' - n}$ und $F' = \frac{n'r}{n' - n}$. (Gl. II und III, § 3).

Hierin bedeuten b und b' die zusammengehörigen Bilder, l die Entfernung des Gegenstandes vom ersten Brennpunkt, l' die des Bildes vom zweiten Brennpunkt, F die erste, F' die zweite Brennweite; n die Brechungszahl des ersten, n' die des zweiten Mittels. Die Grössen, die sich auf das erste Mittel beziehen, sind ohne, die auf das zweite bezüglichen mit oberem Strich. a und a' sind die Divergenzwinkel.

§ 27. Es seien auf derselben Hauptachse die Mittel- und Brennpunkte zweier kugliger Trennungsflächen (1 und 2) gegeben. Bei dieser Lage der Hauptpunkte nennt man das System centrirt.

Die Gleichungen 1, 2, 3 § 26 gelten sowohl für die erste Kugelfläche als auch für die zweite. Für die erste Fläche bedienen wir uns der lateinischen, für die zweite der griechischen Buchstaben.[2])

1) Die Grössen, die dort φ und φ' hiessen, werden jetzt l und l' genannt.

2) Nur für die Brennpunkte nicht. B_1' ist der zweite Brennpunkt des ersten Theilsystems, B_2 der erste des zweiten.

$$\text{A) } 1)\ \frac{b}{b'} = -\frac{l}{F} = -\frac{F'}{l'}.$$

$$2)\ \frac{\beta}{\beta'} = -\frac{\lambda}{\Phi} = -\frac{\Phi'}{\lambda'}.$$

$$\text{B) } 1)\ n a b = n' a' b'.$$

$$2)\ \nu \alpha \beta = \nu' \alpha' \beta'.$$

Das mittlere Medium ist gemeinsam für beide Theilsysteme. Folglich wird $b' = \beta$, das Bild des ersten ist Gegenstand des zweiten;

$n' = \nu$, das zweite Mittel des ersten Theilsystems ist erstes des zweiten;

$a' = \alpha$, der gebrochene Strahl des ersten Theilsystems ist einfallender des zweiten.

C) 1) . . . .

2) $B_1' B_2 = d$ [1]) bestimmt den Abstand der beiden Theilsysteme von einander durch den Abstand zwischen dem zweiten Brennpunkt des ersten und dem ersten Brennpunkt des zweiten. (Fig. 93a.)

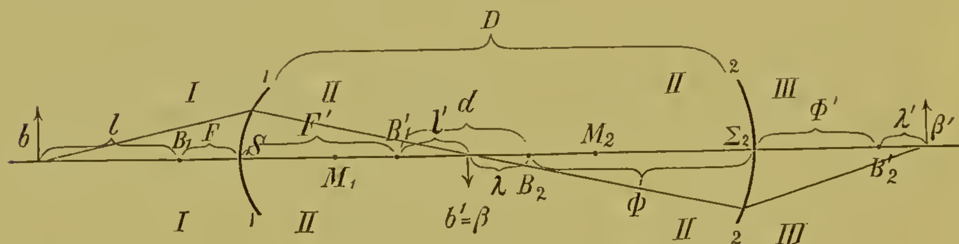


Fig. 93 a

Um nun die beiden Lichtbrechungen, an der ersten und an der zweiten Kugelfläche, organisch mit einander zu verbinden, berücksichtige man, dass

$$2a)\ d = l' + \lambda.$$

$$l' = \frac{FF'}{l};$$

$$\lambda = \frac{\Phi\Phi'}{\lambda'}.\ (\S\ 27,\ \text{Gl. A, 1, 2, zweite Hälfte}).$$

1) d ist negativ für gewöhnliche, dünne Glaslinsen, bei denen im Sinne der Lichtbewegung der erste Brennpunkt der zweiten Kugelfläche vor dem zweiten Brennpunkt der ersten Kugelfläche belegen ist.

In unserer Figur 93a ist der Deutlichkeit halber ein so grosser Zwischenraum zwischen den beiden Kugelflächen angenommen worden, dass d einen positiven Werth erlangt.

Dann fällt das vom ersten Theilsystem entworfene Bild eines vor B_1 gelegenen Lichtpunkts in die Strecke zwischen dem zweiten Brennpunkt der ersten Kugelfläche und dem ersten Brennpunkt der zweiten Kugelfläche.

$$2b)\quad d = \frac{FF'}{l} + \lambda, \text{ oder}$$

$$\lambda = d - \frac{FF'}{l}, \text{ oder}$$

$$l\lambda = ld - FF'.$$

$$2c)\quad d = l' + \frac{\Phi\Phi'}{\lambda'}, \text{ oder}$$

$$l' = d - \frac{\Phi\Phi'}{\lambda'}, \text{ oder}$$

$$l'\lambda' = \lambda' d - \Phi\Phi'.$$

§ 28. Aus den beiden Doppelgleichungen A) 1 und 2 des § 27 erhalten wir durch Multiplication, wobei b' gegen β sich forthebt,

1) $\frac{b}{\beta'} = \frac{l\lambda}{\Phi F} = \frac{\Phi' F'}{l'\lambda'}$. Nun ist (Gl. C, 2b, § 27)

2) $l\lambda = dl - FF'$. Ferner (Gl. C, 2c, § 27)

3) $l'\lambda' = d\lambda' - \Phi\Phi'$. Folglich wird aus Gl. 1

4) $\frac{b}{\beta'} = \frac{dl - FF'}{F\Phi} = \frac{F'\Phi'}{d\lambda' - \Phi\Phi'}$.

Durch die beiden Brechungen wird schliesslich von dem vor dem ersten Brennpunkt der ersten Kugelfläche belegenen Gegenstand b ein Bild β' entworfen, dessen Lage und Grösse nach der Doppelgleichung 4 eindeutig bestimmt ist durch die Constanten des Systems (F, F', Φ, Φ', d) und die gegebene Grösse (b) und Lage (l) des Gegenstandes. [Der zweite Theil der Doppelgleichung gilt für den umgekehrten Strahlengang, wenn β' Bild, b Gegenstand: dann sind, ausser denselben Constanten des Systems, β' und λ' gegeben, und dadurch b eindeutig bestimmt.]

Die Gleichung 4 ist allgemein giltig.

Folglich liefert die zweimalige Brechung an zwei aufeinander folgenden centrirten Kugelflächen ein ganz bestimmtes Bild, das dem ursprünglichen Gegenstand ähnlich ist.

$$b \sim b',\ b' = \beta,\ \beta \sim \beta'.$$

Die Aehnlichkeit zwischen dem ursprünglichen Gegenstand und dem schliesslichen Bild bedeutet, dass ein homocentrisches Strahlenbündel, welches von einem bestimmten Punkt des Gegenstandes ausgeht, wieder in den entsprechenden Punkt des Bildes gesammelt wird, also homocentrisch bleibt.

Das aus zwei brechenden Kugelflächen zusammengesetzte System (Duplum, Linse) wirkt analog einer einzigen brechenden Kugelfläche.

Wir wollen die charakteristischen Punkte des Systems aufsuchen.

Alle auf das zusammengesetzte System bezüglichen Grössen werden mit deutschen Buchstaben geschrieben.

§ 29. Hauptbrennpunkte.

A) Setzen wir in Gl. 4, § 28 die Entfernung des Gegenstandes unendlich ($l = +\infty$), so bestimmt das dazu gehörige λ' den zweiten Hauptbrennpunkt ($\mathfrak{B}'$) des zusammengesetzten Systems durch seinen Abstand von dem zweiten Hauptbrennpunkt des zweiten Simplum (B_2').

Ein parallel der Hauptachse im ersten Mittel verlaufendes Strahlenbündel wird durch die erste Brechung in B_1' vereinigt, dem zweiten Hauptbrennpunkt der ersten Kugelfläche.

Das Bild, welches von diesem durch die Brechung an der zweiten Kugelfläche entworfen wird, ist der zweite Hauptbrennpunkt des zusammengesetzten Systems.

Immer ist 1) $\lambda = d - \frac{FF'}{l}$. (§ 27, C, Gl. 2c).

2) $\lambda' = \frac{\Phi\Phi'}{\lambda}$. (§ 27, A, Gl. 2).

Setzen wir jetzt 3) $l = +\infty$, so folgt[1])

4) $\underline{\lambda} = d$, und

$$\text{I)} \quad \underline{\lambda'} = \frac{\Phi\Phi'}{d} = \overline{\mathfrak{B}' B_2'}.$$

B) Setzen wir zweitens $\lambda' = +\infty$, so bestimmt das dazu gehörige l den ersten Hauptbrennpunkt des Duplum ($\mathfrak{B}$), durch seinen Abstand vom ersten Hauptbrennpunkt des ersten Theilsystems.

Allgemein ist (Gl. C, 2c, § 27)

5) $l' = d - \frac{\Phi\Phi'}{\lambda'}$; und (Gl. 2a § 27)

6) $l = \frac{FF'}{l'}$.

Setzen wir jetzt 7) $\lambda' = +\infty$, so wird das dazu gehörige

8) $\underline{l'} = d$, also

$$\text{II)} \quad \underline{l} = \frac{FF'}{d} = \overline{\mathfrak{B} B_1}.$$

---

1) Den besonderen Werth von λ, λ' (u. s. w.) wollen wir unterstreichen.

Wenn wir nun den Abstand der beiden Kugelflächen ($S \Sigma$) mit D bezeichnen, so wird natürlich

9) $D = F' + d + \Phi$; also

$d = D - F' - \Phi$; und folglich aus Gl. I unseres §

Ia) $\overline{\mathfrak{B}' B_2'} = \dfrac{\Phi \Phi'}{D - F' - \Phi}$; ebenso aus Gl. II unseres §

IIb) $\overline{\mathfrak{B} B_1} = \dfrac{F F'}{D - F' - \Phi}$.

§ 30. Hauptpunkte.

a) Setzen wir in Gleichung 4, § 28 jetzt $\dfrac{b}{\beta'} = 1$, so bestimmen die dazu gehörigen Werthe von l und λ' zwei zugeordnete Achsenpunkte des Duplum, für welche die zusammengehörigen Bilder gleich gross und gleich gerichtet sind. Wir nennen diese Achsenpunkte die Hauptpunkte des zusammengesetzten Systems und bezeichnen sie durch $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$.

Natürlich wird $\mathfrak{H}$ (als ein besonderer Werth von l) bestimmt durch seinen Abstand vom ersten Brennpunkt des ersten Theilsystems; und $\mathfrak{H}'$ (als ein besonderer Werth von λ') bestimmt durch seinen Abstand vom zweiten Brennpunkt des zweiten Theilsystems.

Gl. 4 § 28 lautet

$$\frac{b}{\beta'} = \frac{d l - F F'}{F \Phi} = \frac{F' \Phi'}{d \lambda' - \Phi \Phi'}.$$

Die Bedingung $\dfrac{b}{\beta'} = 1$ ergibt daraus

1) $F \Phi = d \underline{l} - F F'$, oder

IV) $\underline{l} = \overline{\mathfrak{H} B_1} = \dfrac{F \Phi + F F'}{d} = \dfrac{F \Phi + F F'}{D - F' - \Phi}$. (Gl. 9, § 30).

Ferner ebenso

2) $F' \Phi' = d \underline{\lambda'} - \Phi \Phi'$, oder

V) $\underline{\lambda'} = \overline{\mathfrak{H}' B_2'} = \dfrac{F' \Phi' + \Phi \Phi'}{d} = \dfrac{F' \Phi' + \Phi \Phi'}{D - F' - \Phi}$.

l ist positiv vor B_1; und λ' positiv hinter B_2'. Deshalb ist $\mathfrak{H} B_1$ positiv, wenn $\mathfrak{H}$ vor B_1 liegt und $\mathfrak{H}' B_2'$ positiv, wenn $\mathfrak{H}'$ hinter B_2' liegt.

Es ist ja klar, dass wenn d positiv (vgl. Fig. 93a), ein zwischen B_1' und B_2 gelegener Gegenstand es sein wird, dessen vom ersten

und vom zweiten Theilsystem entworfene Bilder gleich gross und gleich gerichtet werden. Da der Gegenstand hinter dem zweiten Brennpunkt des ersten Theilsystems liegt, so liegt das Bild vor dem ersten Brennpunkt desselben. Da der Gegenstand vor dem ersten Brennpunkt des zweiten Theilsystems liegt, so liegt das Bild hinter dem zweiten. In welchem Punkt der Strecke d dieser Gegenstand liegen muss, um der Bedingung zu genügen, das werden wir später feststellen.

$\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$ sind im Allgemeinen zwei verschiedene Achsenpunkte des Duplum, während sie beim Simplum in denselben Punkt, den Scheitel der Kugelfläche, zusammenfielen.

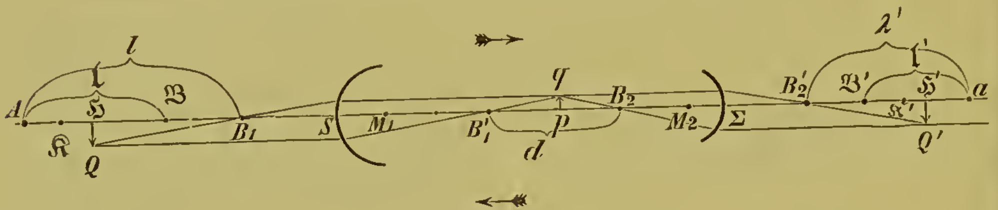


Fig. 93b.

Stellt man sich zwischen B_1' und B_2 einen Gegenstand qp vor, dessen durch 1 entworfenes Bild $\underline{b}$ gleich gross und gleich gerichtet wird mit dem durch 2 entworfenen Bilde $\underline{\beta'}$; so werden $\underline{b}$ und $\underline{\beta'}$ i. A. an verschiedenen Punkten der Hauptachse liegen.

b) Natürlicher ist es, $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$ durch ihre Abstände von den entsprechenden Punkten der beiden Theilsysteme (den Hauptoder Scheitelpunkten S und Σ) zu bestimmen. Dazu dient der Abstand

$$S\,\Sigma = D = F' + d + \Phi \text{ . (Gl. 9, § 29).}$$

Somit folgt aus Gl. IV dieses §

$$3)\quad \mathfrak{H} S = \mathfrak{h} = \mathfrak{H} B_1 + B_1 S = \frac{F\Phi + FF'}{D - F' - \Phi} + F.$$

$$4)\quad \mathfrak{h} = \frac{F\Phi + FF' + FD - FF' - F\Phi}{D - F' - \Phi}, \text{ oder}$$

$$\text{IV a)}\quad \mathfrak{h} = \frac{DF}{D - F' - \Phi}.$$

Ebenso wird aus Gl. V dieses §

$$5)\quad \mathfrak{H}'\Sigma = \mathfrak{h}' = \mathfrak{H}' B_2' + \Sigma B_2' = \frac{F'\Phi' + \Phi\Phi'}{D - F' - \Phi} + \Phi'.$$

$$6)\quad \mathfrak{h}' = \frac{F'\Phi' + \Phi\Phi' + D\Phi' - F'\Phi' - \Phi\Phi'}{D - F' - \Phi}.$$

$$\text{IV b)}\quad \mathfrak{h}' = \frac{D\Phi'}{D - F' - \Phi}.$$

$\mathfrak{h}$ ist positiv, wenn $\mathfrak{H}$ vor S liegt; $\mathfrak{h}'$ ist positiv, wenn $\mathfrak{H}'$ hinter Σ liegt, wie in unserer Fig. 93b, wo $D > F' + \Phi$. Also die Grössen $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ sind positiv, wenn sie ausserhalb der Linse liegen.

In gewöhnlichen Glaslinsen ist $D < F' + \Phi$, also wird $D - F' - \Phi$ negativ, und die Grössen $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ gleichfalls gewöhnlich negativ.[1])

§ 31. Hauptbrennweiten.

Die Achsenstrecke zwischen dem auf das erste Mittel des Duplum bezüglichen Hauptpunkt ($\mathfrak{H}$) und dem ersten Brennpunkt ($\mathfrak{B}$) nennen wir die erste Hauptbrennweite des Duplum. ($\mathfrak{B}\mathfrak{H} = \mathfrak{F}$.)

Ebenso nennen wir $\mathfrak{B}'\mathfrak{H}' = \mathfrak{F}'$ die zweite Hauptbrennweite des Duplum.

Wir haben die Längen $\mathfrak{F}$ und $\mathfrak{F}'$ aus den gegebenen Grössen der beiden Theilsysteme zu berechnen.

1) $\mathfrak{F} = \overline{\mathfrak{B}\mathfrak{H}} = \mathfrak{B}S - \mathfrak{H}S.$[2])

2) $$\mathfrak{B}S = \mathfrak{B}B_1 + F = \frac{FF'}{D - F' - \Phi} + F.$$

(Gl. IIa § 29.)

3) $$\mathfrak{B}S = \frac{DF - F\Phi}{D - F' - \Phi}.$$

4) $$\mathfrak{H}S = \frac{DF}{D - F' - \Phi} \cdot \text{ (Gl. IVa, § 30).}$$

V) $$\mathfrak{F} = \overline{\mathfrak{B}\mathfrak{H}} = \frac{-F\Phi}{D - F' - \Phi} = \frac{F\Phi}{F' + \Phi - D}.$$

5) $\mathfrak{F}' = \mathfrak{B}'\mathfrak{H}' = \mathfrak{B}'\Sigma - \mathfrak{H}'\Sigma.$

6) $$\mathfrak{B}'\Sigma = \mathfrak{B}'B_2' + \Phi' = \frac{\Phi\Phi'}{D - F' - \Phi} + \Phi'.$$

(Gl. Ia § 29.)

---

1) Werden F' und Φ negativ (bei lichtzerstreuenden Theilsystemen), so wird der Nenner der Brüche positiv, aber der Zähler negativ: die Grössen $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ bleiben negativ.

2) $\mathfrak{H}\mathfrak{B}$ ist negativ, gerade so wie im Simplum, wenn in dem Gange der vom ersten Mittel her eindringenden Lichtstrahlen, welcher durch den oberen Pfeil angedeutet wird, $\mathfrak{B}$ hinter $\mathfrak{H}$ liegt. (Fig. 93b.)

Das erste Theilsystem entwirft aber, in dem durch den unteren Pfeil angedeuteten Strahlengange, vom vorderen Brennpunkt B_2 des zweiten Theilsystems das Bild $\mathfrak{B}$; und vom Punkt p das Bild $\mathfrak{H}$. Da p im zweiten Mittel näher an B_1' heran belegen ist, als B_2; so muss $\mathfrak{H}$ im ersten Mittel weiter ab von B_1 liegen als $\mathfrak{B}$.

Entsprechendes gilt für $\mathfrak{B}'$ und $\mathfrak{H}'$. — Bei einem positiven System ist im Gange der vom ersten Mittel her eindringenden Lichtstrahlen der erste Brennpunkt immer der erste der sechs fundamentalen Punkte und der zweite Brennpunkt immer der letzte. (Vgl. § 24, zu Ende.)

7) $\mathfrak{B}'\,\Sigma = \dfrac{D\,\Phi' - F'\,\Phi'}{D - F' - \Phi}$.

8) $\mathfrak{H}'\,\Sigma = \dfrac{D\,\Phi'}{D - F' - \Phi}$. (Gl. IVb, § 30.)

VI) $\mathfrak{F}' = \mathfrak{B}'\,\mathfrak{H}' = \dfrac{-F'\,\Phi'}{D - F' - \Phi} = \dfrac{F'\,\Phi'}{F' + \Phi - D}$.

($F' + \Phi - D$ ist für unsere Figur negativ, da $D > F' + \Phi$. — Bei gewöhnlichen, dünnen Glaslinsen wird dieser Ausdruck positiv, da dann $D < F' + \Phi$).

9) $d = D - F' - \Phi$. (Gl. 9, § 29);
$-d = F' + \Phi - D$.

Va) $\mathfrak{F} = \dfrac{F\,\Phi}{-d}$.

VIa) $\mathfrak{F}' = \dfrac{F'\,\Phi'}{-d}$.

10) $\dfrac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{F}'} = \dfrac{F\,\Phi}{F'\,\Phi'} = \dfrac{n}{n'} \cdot \dfrac{\nu}{\nu'}$. (Gl. 3, § 26).

11) $n' = \nu$. (§ 27).

VII) $\dfrac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{F}'} = \dfrac{n}{\nu'} = \dfrac{F\,\Phi}{F'\,\Phi'}$.

Die erste Brennweite des zusammengesetzten Systems verhält sich zur zweiten, wie der Brechungsindex des ersten Mittels zu dem des letzten.

Ist $n = \nu'$, so wird

12) $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}'$. (Dies ist der Fall bei den Linsen.)

§ 32. Knotenpunkte.

Gl. 4, § 28 lautet

1) $\dfrac{b}{\beta'} = \dfrac{d\,l - F\,F'}{F\,\Phi} = \dfrac{F'\,\Phi'}{d\,\lambda' - \Phi\,\Phi'}$.

Als Bedingung für ein anderes Paar zusammengehöriger Achsenpunkte, die wir Knotenpunkte ($\mathfrak{K}$, $\mathfrak{K}'$) nennen, setzen wir

2) $\dfrac{b}{\beta'} = \dfrac{\nu'}{n}$;

also mit Berücksichtigung von Gl. VII § 31

3) $\dfrac{b}{\beta'} = \dfrac{F'\,\Phi'}{F\,\Phi}$. Dann wird aus der ersten Hälfte der Gl. 1 unseres §

$$4) \quad \frac{F'\Phi'}{F\Phi} = \frac{dl - FF'}{F\Phi}, \text{ also}$$

$$\text{VIII)} \quad \frac{F'\Phi' + FF'}{d} = l = \mathfrak{K}B_1.$$ [1]

Ebenso folgt aus der zweiten Hälfte der obigen Gleichung 1 unseres §, wenn wir die Bedingung 3 einsetzen:

$$5) \quad \frac{F'\Phi'}{F\Phi} = \frac{F'\Phi'}{d\lambda' - \Phi\Phi'}.$$

$$\text{IX)} \quad \frac{F\Phi + \Phi\Phi'}{d} = \lambda' = \mathfrak{K}'B_2'.$$

Wir haben also die Abstände der Knotenpunkte ($\mathfrak{K}, \mathfrak{K}'$) des zusammengesetzten Systems von den bezüglichen Brennpunkten der beiden Theilsysteme. Jetzt suchen wir die Abstände der Knotenpunkte ($\mathfrak{K}, \mathfrak{K}'$) von den Brennpunkten des zusammengesetzten Systems.

$$\mathfrak{K}\mathfrak{B}\,^{2)} = \mathfrak{B}B_1 - \mathfrak{K}B_1 = \frac{FF'}{d} - \left(\frac{F'\Phi' + FF'}{d}\right).$$

(Gl. II, § 29 und Gl. VIII dieses §).

$$\text{X)} \quad \mathfrak{K}\mathfrak{B} = \frac{F'\Phi'}{-d}.$$

$$\mathfrak{B}'\mathfrak{K}' = \mathfrak{B}'B_2' - \mathfrak{K}B_2' = \frac{\Phi\Phi'}{d} - \left(\frac{F\Phi + \Phi\Phi'}{d}\right).$$

(Gl. I, § 29 Gl. IX dieses §).

$$\text{XI)} \quad \mathfrak{B}'\mathfrak{K}' = \frac{F\Phi}{-d}.$$

$\mathfrak{K}$ und $\mathfrak{K}'$ sind im Allgemeinen 2 verschiedene Achsenpunkte.

$\mathfrak{B}\mathfrak{K} = \mathfrak{B}'\mathfrak{H}' = \mathfrak{F}'$. (Gl. VIa, § 31).

$\mathfrak{B}'\mathfrak{K}' = \mathfrak{B}\mathfrak{H} = \mathfrak{F}$. (Gl. Va, § 31).

§ 33. Die Lage der Haupt-, Knoten- und Brennpunkte in einem dünnen (linsenähnlichen) lichtsammelnden System zeigt Fig. 94.

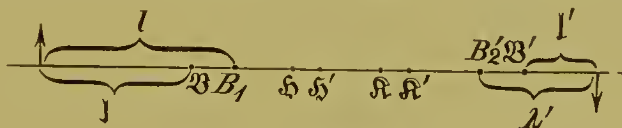


Fig. 94.

$$\mathfrak{B}\mathfrak{B}' = \mathfrak{B}\mathfrak{H} + \mathfrak{H}\mathfrak{H}' + \mathfrak{H}'\mathfrak{B}'.$$

$$\mathfrak{B}\mathfrak{B}' = \mathfrak{B}\mathfrak{K} + \mathfrak{K}\mathfrak{K}' + \mathfrak{K}'\mathfrak{B}'.$$

---

1) Die Grössen l werden vom ersten Brennpunkt des ersten Theilsystems ab gerechnet; die Grössen λ' vom zweiten Brennpunkt des zweiten Theilsystems.

2) $\mathfrak{K}\mathfrak{B}$ ist negativ, analog wie bei dem Simplum, wenn im Gange der vom ersten Mittel her eindringenden Lichtstrahlen $\mathfrak{B}$ hinter $\mathfrak{K}$ liegt; und $\mathfrak{K}'\mathfrak{B}'$, wenn $\mathfrak{B}'$ vor $\mathfrak{K}$ liegt.

Daraus folgt, dass $\mathfrak{H}\mathfrak{H}' = \mathfrak{K}\mathfrak{K}'$. Der gegenseitige Abstand der beiden Hauptpunkte ist so gross, wie der der beiden Knotenpunkte.

Wenn $n = \nu'$, also $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}'$, so fällt $\mathfrak{K}$ mit $\mathfrak{H}$ zusammen und $\mathfrak{K}'$ mit $\mathfrak{H}'$. Denn dann wird

$$\mathfrak{B}\mathfrak{K} = \mathfrak{B}\mathfrak{H} = \mathfrak{F}$$
$$\mathfrak{B}'\mathfrak{K}' = \mathfrak{B}'\mathfrak{H}' = \mathfrak{F}$$

(Dies trifft zu für die Linsen).

§ 34. Jetzt beziehen wir die Abstände der zusammengehörigen Bilder auf die Brennpunkte $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{B}'$ des zusammengesetzten Systems.

$\mathfrak{l}$ sei der Abstand des Gegenstandes von $\mathfrak{B}$. $\mathfrak{l}'$ der des Bildes von $\mathfrak{B}'$. (Vgl. Fig. 93b.)

1) $l - \mathfrak{l} = \mathfrak{B}B'$, oder

$$\mathfrak{l} = l - \mathfrak{B}B' = l - \frac{FF'}{d}. \quad \text{(Gl. II, § 29).}$$

2) $$\mathfrak{l} = \frac{dl - FF'}{d}.$$

Aber nach Gl. C, 2b, § 27 ist

3) $dl - FF' = l\lambda$. Also

4) $$\mathfrak{l} = \frac{l\lambda}{d}.$$

Nach Gl. 1, § 28 ist

5) $l\lambda = \frac{b}{\beta'} F\Phi$, also

6) $\mathfrak{l} = \frac{b}{\beta'} \cdot \frac{F\Phi}{d}$, oder

6a) $\frac{b}{\beta'} = \frac{\mathfrak{l}}{\frac{F\Phi}{d}}$. Ebenso ist

7) $\lambda' - \mathfrak{l}' = \mathfrak{B}'B_2'$ oder

$$\mathfrak{l}' = \lambda' - \mathfrak{B}B_2' = \lambda' - \frac{\Phi\Phi'}{d}. \quad \text{(Gl. I, § 29)}$$

8) $$\mathfrak{l}' = \frac{d\lambda' - \Phi\Phi'}{d}.$$

Nach Gl. 3, § 28 ist

9) $l'\lambda' = d\lambda' - \Phi\Phi'$. Also

10) $$\mathfrak{l}' = \frac{l'\lambda'}{d}.$$

Nach Gl. 1 § 28 ist

$$11)\ l' \lambda' = \frac{\beta'}{b} \cdot F' \Phi', \text{ also}$$

$$12)\ \mathfrak{l}' = \frac{\beta'}{b} \cdot \frac{F' \Phi'}{d}, \text{ oder}$$

$$12a)\ \frac{b}{\beta'} = \frac{\frac{F' \Phi'}{d}}{\mathfrak{l}'}.$$

Nehmen wir Gl. 6a und 12a zusammen und berücksichtigen, dass $\frac{F\Phi}{d} = -\mathfrak{F}$ und $\frac{F' \Phi'}{d} = -\mathfrak{F}'$ (Gl. Va und VIa, § 31); so folgt

$$X)\ \frac{b}{\beta'} = -\frac{\mathfrak{l}}{\mathfrak{F}} = -\frac{\mathfrak{F}'}{\mathfrak{l}'}.$$

$\mathfrak{l}$ und $\mathfrak{l}'$ sind die Entfernungen der zusammengehörigen Bilder von den entsprechenden Brennpunkten des zusammengesetzten Systems; $\mathfrak{f}$ und $\mathfrak{f}'$ seien die Entfernung der zusammengehörigen Bilder von den entsprechenden Hauptpunkten desselben.

$$13)\ \mathfrak{l} = \mathfrak{f} - \mathfrak{F} = -(\mathfrak{F} - \mathfrak{f}).$$

$$14)\ \mathfrak{l}' = \mathfrak{f}' - \mathfrak{F}' = -(\mathfrak{F}' - \mathfrak{f}').$$ Dann wird aus X

$$15)\ \frac{b}{\beta'} = \frac{\mathfrak{F} - \mathfrak{f}}{\mathfrak{F}} = \frac{\mathfrak{F}'}{\mathfrak{F}' - \mathfrak{f}'}.$$

$$16)\ (\mathfrak{F} - \mathfrak{f})(\mathfrak{F}' - \mathfrak{f}') = \mathfrak{F}\mathfrak{F}'$$

$$17)\ \mathfrak{f}\mathfrak{f}' = \mathfrak{f}\mathfrak{F}' + \mathfrak{f}'\mathfrak{F}.$$ Also, dividirt durch $\mathfrak{f}\mathfrak{f}'$,

$$XI)\ \frac{\mathfrak{F}}{\mathfrak{f}} + \frac{\mathfrak{F}'}{\mathfrak{f}'} = 1.$$

§ 35. Somit erhalten wir beim Duplum für das Grössenverhältniss zwischen erstem und letztem Bild (d. h. zwischen ursprünglichem Gegenstand und schliesslichem Bild) genau dasselbe Gesetz wie bei der einfachen Kugelfläche. (Gl. X, § 34.)

Daraus folgt, dass wir das Duplum ersetzen können durch dasjenige Simplum, für welches

$$n = n$$
$$n' = \nu'$$
$$r = \mathfrak{F}' - \mathfrak{F}.$$ (Vergl. Gl. VI, § 5).

Nur haben wir statt der einfachen Hauptebene des Simplum deren zwei für das Duplum. Die erste Hauptebene bezieht sich auf den Gang des Lichtstrahls im ersten Mittel, die zweite auf den im letzten Mittel.

Von dem Punkt P, wo der einfallende Strahl die erste Hauptebene schneidet (Fig. 95), fällen wir ein Loth PQ auf die zweite

Hauptebene, bevor wir ihn die (durch $na = n'a'$ bestimmte) Brechung erleiden lassen. Denn, da die beiden Hauptebenen die Oerter gleich-

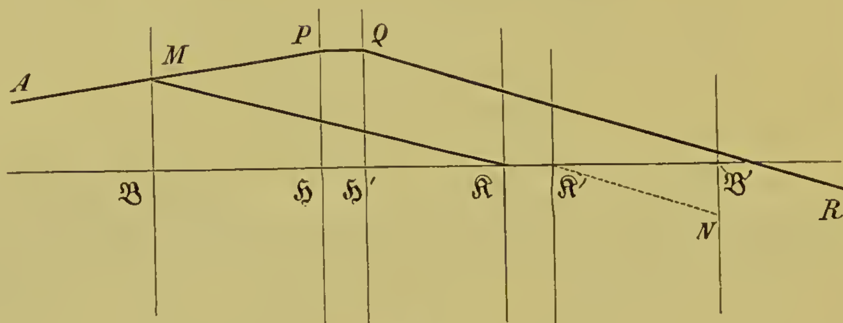


Fig. 95.

grosser und gleichgerichteter Bilder sind, so muss, wenn $\mathfrak{H}P = \mathfrak{H}'Q$, jeder Strahl, der in P eintritt, schliesslich aus Q wieder austreten.

Ferner haben wir im Duplum zwei Knotenpunkte statt des einen im Simplum; der erste Knotenpunkt bezieht sich auf den Gang der Lichtstrahlen im ersten Mittel, der zweite auf den im letzten Mittel. Der einfallende Strahl $M\mathfrak{K}$, der nach dem ersten Knotenpunkt zielt, wird in seiner Richtung nicht abgelenkt. Wir erhalten den dazu gehörigen gebrochenen Strahl, indem wir vom zweiten Knotenpunkt aus $\mathfrak{K}N \mp M\mathfrak{K}$ ziehen.

Diese Vertretung des Duplum durch ein Simplum ist besonders bequem, wenn $\mathfrak{H}\mathfrak{H}' = \delta$ sehr klein gegen $\mathfrak{F}' - \mathfrak{F}$.

Dann wird δ verschwinden gegen $\mathfrak{F} + \mathfrak{F}'$ und wir erhalten aus

$$\mathfrak{B}\mathfrak{B}' = \mathfrak{F} + \delta + \mathfrak{F}' \text{ jetzt}$$
$$\mathfrak{B}\mathfrak{B}' = \mathfrak{F} + \mathfrak{F}',$$

genau wie bei dem Simplum.

Da nun für jedes Duplum dieselben Formeln gelten, wie für ein Simplum, so müssen auch die in § 27—34 gefundenen Formeln für die Zusammensetzung zweier Theilsysteme gelten.

Man kann zu einem Duplum ein Simplum[1]) oder ein anderes Duplum hinzufügen zu einem zusammengesetzten System, für welches die gefundenen Formeln gelten.

Ist ein zusammengesetztes centrirtes System aus beliebig vielen Kugelflächen gegeben, so kann man die gesammten Lichtbrechungen

---

1) Oder einem Kugelspiegel, für den ja dieselben Gleichungen gelten. Davon haben wir bei der Erforschung der optischen Constanten des Auges Gebrauch zu machen.

an allen Kugelflächen ersetzen durch die einmalige Lichtbrechung an einem einzigen System, dessen beide Brenn-, Haupt- und Knotenpunkte aus denen der Theilsysteme und deren Abständen zu berechnen sind.

Aus praktischen Gründen empfiehlt es sich auch, schrittweise vorzugehen, d. h. immer nur zwei auf einander folgende Theilsysteme zu einem neuen zusammenzusetzen, mit dem letzteren das dritte Theilsystem zu verbinden, u. s. w.

Denn schon für die Vereinigung von zwei Theilsystemen sind die Formeln ziemlich zusammengesetzt. Die Zusammensetzung und Schwierigkeit wächst bedeutend, wenn man drei oder noch mehr Theilsysteme auf einmal zusammenfassen wollte.[1])

§ 36. Construction.

A. 1) Gegeben ist der Weg eines Strahls im ersten Mittel; gesucht wird sein Weg im letzten Mittel.

Der gegebene Strahl *AM* (Fig. 95) wird verlängert, bis er die erste Hauptebene schneidet, in *P*; von *P* ein Loth *PQ* auf die zweite Hauptebene gefällt. Dann *QR* ∓ *M* 𝔎 gezogen. *QR* ist der gesuchte Strahl.

a) Der Strahl, der im ersten Mittel durch *P* geht, muss im letzten Mittel durch *Q* gehen, da die eine Hauptebene das Bild der andern, und da für diesen Fall die beiden zusammengehörigen Bilder gleich gross und gleich gerichtet sind.

b) Das von *M*, einem Punkt der ersten Brennebene, ausgehende Strahlenbündel ist nach der Brechung parallel (vgl. § 8) dem Strahl, welcher von jenem Punkt nach dem ersten Knotenpunkt zieht.

2) Gegeben ein Lichtpunkt *C* (Fig. 96), gesucht der dazu gehörige Bildpunkt.

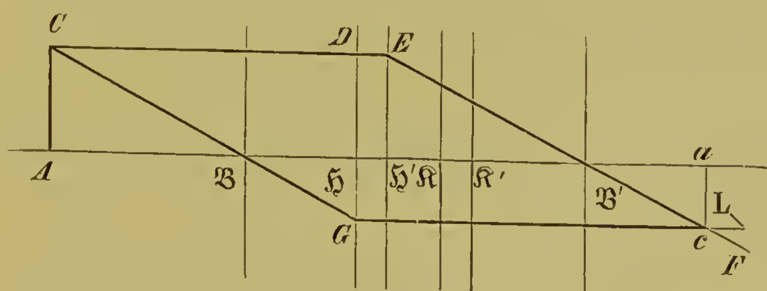


Fig. 96.

Man braucht nur zwei von *C* ausgehende Strahlen zu zeichnen und den Schnittpunkt der dazu gehörigen gebrochenen Strahlen zu suchen.

1) Vgl. m. Beitr. z. pr. Augenheilk. III, 30, 1878.

α) $CD \mp \mathfrak{B}\mathfrak{B}'$, verlängert bis zur zweiten Hauptebene. Derselbe muss nach der Brechung durch $\mathfrak{B}'$ gehen, in Richtung $E\mathfrak{B}'F$.

β) $C\mathfrak{B}$, verlängert bis zur ersten Hauptebene, vom Schnittpunkt G eine Parallele zu $\mathfrak{B}\mathfrak{B}$, nämlich GL. GL und EF schneiden sich in c.

c ist das Bild von C. (Man kann auch als zweiten Strahl $C\mathfrak{K}$ wählen, der dazu gehörige geht durch $\mathfrak{K}'$ und ist parallel zu $C\mathfrak{K}$.)

Ist A in der Hauptachse als Lichtpunkt gegeben, so errichtet man das Loth AC, sucht den Punkt c und fällt von c das Loth ca auf die Hauptachse.

Oder, da der Achsenstrahl $A\mathfrak{H}$ ungebrochen verläuft, man zieht einen beliebigen Strahl von A ausserhalb der Achse, sucht den dazu gehörigen gebrochenen und dessen Schnittpunkt mit der Achse.

B) Gegeben sind zwei Systeme, gesucht das daraus zusammengesetzte. (Fig. 97.)

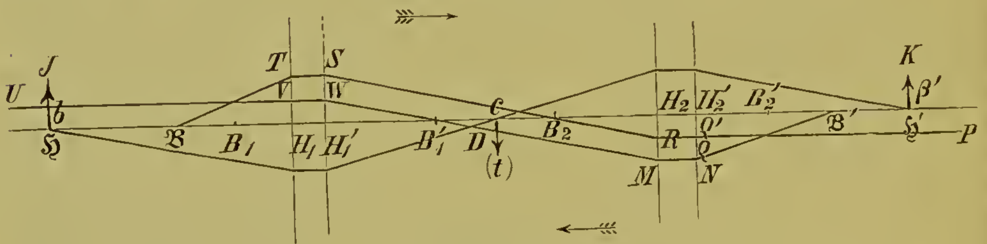


Fig. 97.

B_1 sei der erste, B_1' der zweite Brennpunkt; H_1 der erste, H_1' der zweite Hauptpunkt des ersten Systems: B_2 der erste, B_2' der zweite Brennpunkt; H_2 der erste, H_2' der zweite Hauptpunkt des zweiten Systems.

Die Brennweiten des ersten Theilsystems seien F und F', die des zweiten Φ und Φ'.

Der Abstand beider Systeme und zwar des zweiten Hauptpunktes des ersten Systems vom ersten Hauptpunkt des zweiten Systems $H_1'H_2 = D$ wird positiv gerechnet, da im Sinne der einfallenden Lichtstrahlen H_1' vor H_2 liegt.

a) Der der Hauptachse parallele Strahl PQ geht (bei dem durch den u n t e r e n Pfeil bestimmten Strahlengang) zunächst durch B_2, den ersten Brennpunkt des zweiten Theilsystems.

Der Strahl RB_2S, darauf im ersten System gebrochen, schneide die Achse im Punkte $\mathfrak{B}$. Dies ist der erste Brennpunkt des zusammengesetzten Systems.

b) Der der Hauptachse parallele Strahl UV geht (bei dem durch den oberen Pfeil bestimmten Strahlengang) zunächst durch B_1'. Der Strahl $WB_1'M$, danach im zweiten Theilsystem gebrochen, schneide die Achse schliesslich im Punkte $\mathfrak{B}'$. Dies ist der zweite Brennpunkt des zusammengesetzten Systems.

c) Man theile die Strecke $H_1'H_2$ in zwei Theile, welche sich zu einander verhalten, wie die zu diesen Hauptpunkten gehörigen Brennweiten der beiden Theilsysteme.

$H_1'C : CH_2 = F' : \Phi$. Wir setzen $H_1'C = p$, $CH_2 = q$.

Man errichte in C das Loth $CD = t$ und construire (nach A, 2 dieses §) einerseits das Bild $\mathfrak{H}J = b$, welches das erste Theilsystem von t entwirft; und andererseits das Bild $\mathfrak{H}'K = \beta'$, welches das zweite Theilsystem von t entwirft.

Dann sind $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$ die Hauptpunkte des zusammengesetzten Systems.

Beweis. Nach Gl. X, § 34 gilt für das erste Theilsystem

$$1)\quad \frac{t}{b} = \frac{(F' - p)^{*)}}{F'} \text{ oder } t = \frac{(F' - p)\,b}{F'}.$$

Und für das zweite Theilsystem

$$2)\quad \frac{t}{\beta'} = \frac{(\Phi - q)^{**)}}{\Phi} \text{ oder } t = \frac{(\Phi - q)\,\beta'}{\Phi}.$$

$$3)\quad \frac{(F' - p)\,b}{F'} = \frac{(\Phi - q)\,\beta'}{\Phi} \text{ oder}$$

$$\frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi - q)}{(F' - p)} \cdot \frac{F'}{\Phi}.$$

Nun ist, nach unserer Construction,

$$4)\quad \frac{p}{q} = \frac{F'}{\Phi} \text{ oder } p = \frac{q\,F'}{\Phi}. \text{ Also}$$

$$5)\quad \frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi - q)}{\left(F' - \frac{q\,F'}{\Phi}\right)} \cdot \frac{F'}{\Phi}$$

$$6)\quad \frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi - q)}{(\Phi - q)} \cdot \frac{F' \cdot \Phi}{F' \cdot \Phi}.$$

---

*) Der Abstand des Bildes t von B_1', dem zweiten Hauptbrennpunkt des ersten Theilsystems ist

$$CB_1' = p - F', \text{ also}$$
$$- CB_1' = F' - p.$$

**) Der Abstand des Bildes t von B_2, dem ersten Brennpunkt des zweiten Theilsystems, ist

$$CB_2 = q - \Phi, \text{ also}$$
$$- CB_2 = \Phi - q.$$

Aus 6 folgt $b = \beta'$, die Bedingung für die Hauptpunktsebenen, dass in ihnen die zusammengehörigen Bilder gleich gross und gleich gerichtet sind.

d) Um die Knotenpunkte $\mathfrak{K}$ und $\mathfrak{K}'$ des zusammengesetzten Systems zu finden, theile man die Strecke $K_1'\ K_2$ (Fig. 98) in zwei Theile,

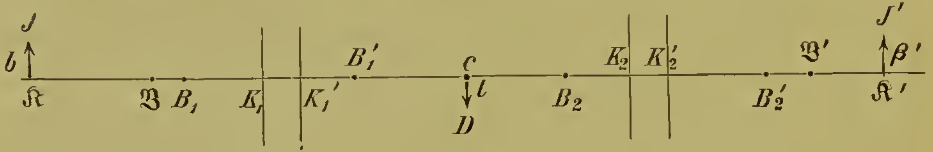


Fig. 98.

welche sich zu einander verhalten wie die zu den Knotenpunkten K' und K_2 gehörigen Brennweiten der beiden Theilsysteme, also

$K_1'C : CK_2 = F : \Phi'$. $(K_1'B_1' = F;\ B_2K_2 = \Phi'$. § 32.)

$p : q = F : \Phi'$, wenn wir setzen $K_1'C = p,\ CK_2 = q$.

In C errichten wir das Loth $CD = t$ und construiren (nach A, 2 dieses §) einerseits das Bild $\mathfrak{K}J = b$, welches das erste Theilsystem von t entwirft; und andererseits das Bild $\mathfrak{K}'J' = \beta'$, welches das zweite Theilsystem von t entwirft.

Dann sind $\mathfrak{K}$ und $\mathfrak{K}'$ die Knotenpunkte des zusammengesetzten Systems.

Beweis. Nach Gl. X, § 34 gilt für das erste Theilsystem

$$1)\quad \frac{t}{b} = \frac{-(p-F)}{F'}, \text{ oder } t = \frac{(F-p)b}{F'}.$$

Und für das zweite

$$2)\quad \frac{t}{\beta'} = \frac{-(q-\Phi')}{F'}, \text{ oder } t = \frac{(\Phi'-q)\beta'}{\Phi}.$$

$$3)\quad \frac{(F-p)b}{F'} = \frac{(\Phi'-q)\beta'}{\Phi}, \text{ oder}$$

$$\frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi'-q)}{(F-p)} \cdot \frac{F'}{\Phi}.$$

Nun ist, nach unserer Construction,

$$4)\quad \frac{p}{q} = \frac{F}{\Phi'}, \text{ oder } p = \frac{qF}{\Phi'}. \text{ Also}$$

$$5)\quad \frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi'-q)}{\left(F - \frac{qF}{\Phi'}\right)} \cdot \frac{F'}{\Phi}.$$

$$6)\quad \frac{b}{\beta'} = \frac{(\Phi'-q)}{(\Phi'-q)} \cdot \frac{\Phi'F'}{F\Phi}.$$

$$\frac{\Phi' F'}{F \Phi} = \frac{\nu'}{n} \cdot \text{(Gl. VII, § 31). Also}$$

6) $\frac{b}{\beta'} = \frac{\nu'}{n}$, die Bedingung der Knotenpunktsebenen. (§ 32).

III. Anwendungen. Die Linsen und das Auge.

A) Linsen.

§ 37. Mit dem Namen Linse bezeichnet man ein centrirtes Duplum,[1]) dessen erstes und letztes Mittel gleich sind. In dem gewöhnlichen Fall bildet Glas das zwischen den beiden kugligen Trennungsflächen liegende Mittel, und Luft die beiden äusseren.

Bedingungsgleichung der Linsen ist also 1) $n_3 = n_1$; daraus folgt (Gl. 12, § 31) $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}'$.

Wir wollen die auf die erste Kugelfläche bezüglichen Grössen mit dem unteren Zahlzeichen 1, die auf die 2. Kugelfläche bezüglichen mit dem unteren Zahlzeichen 2 bezeichnen, die auf das zusammengesetzte System der Linse bezüglichen Grössen mit deutschen Buchstaben schreiben und stets durch den oberen Strich das hintere Mittel des betreffenden Systems kennzeichnen.

§ 38. A) Für die erste Kugelfläche gilt, nach Gl. II u. III, § 3,

1) $F_1 = \frac{n_1 r_1}{n_2 - n_1}$; und 2) $F_1' = \frac{n_2 r_1}{n_2 - r_1}$.

Für die 2. Kugelfläche ebenso

3) $F_2 = \frac{n_2 r_2}{n_3 - n_2}$ oder, da $n_3 = n_1$, (§ 37),

3a) $F_2 = \frac{n_2 r_2}{n_1 - n_2} = - \frac{n_2 r_2}{n_2 - n_1}$; und

4) $F_2' = \frac{n_3 r_2}{n_3 - n_2} = - \frac{n_1 r_2}{n_2 - n_1}$.

Für das aus den beiden Kugelflächen zusammengesetzte System der Linse gilt, nach Gl. V und VI des § 31,

5) $\mathfrak{F} = \frac{F_1 F_2}{F_1' + F_2 - D}$.

6) $\mathfrak{F}' = \frac{F_1' F_2'}{F_1' + F_2 - D}$.

1) Duplum ist nach unserer Erklärung ein System aus zwei kugligen Trennungsflächen; Duplet heisst eine Vereinigung von 2 Linsen (Dupla) zu einer Lupe.

Werden in 5 und 6 die Werthe aus 1 und 2, 3 und 4 eingesetzt, so folgt

$$7)\ \mathfrak{F} = \frac{\left(\frac{n_1 r_1}{n_2 - n_1}\right)\left(\frac{-n_2 r_2}{n_2 - n_1}\right)}{\frac{n_2 r_1}{n_2 - n_1} - \frac{n_2 r_2}{n_2 - n_1} - D} = \frac{-n_1 n_2 r_1 r_2}{(n_2 - n_1)[n_2 r_1 - n_2 r_2 - D(n_2 - n_1)]};$$

oder, wenn man den Bruch mit — 1 multiplicirt,

$$\text{I. } \mathfrak{F} = \frac{n_1 n_2 r_1 r_2}{(n_2 - n_1)\,[n_2 (r_2 - r_1) + D\,(n_2 - n_1)]} = \mathfrak{F}'.$$

B) Nach Gl. IVa, § 30 ist der Abstand des ersten Hauptpunktes der Linse von der ersten Trennungsfläche

$$8)\ \mathfrak{h} = \frac{D F_1}{D - F_1' - F_2} = \frac{D.\ \frac{n_1 r_1}{(n_2 - n_1)}}{D - \frac{n_2 r_1}{n_2 - n_1} - \left(\frac{-n_2 r_2}{n_2 - n_1}\right)}$$

$$\text{II. } \mathfrak{h} = \frac{D n_1 r_1}{(n_2 - n_1)\, D + n_2\,[r_2 - r_1]}.$$ Ebenso folgt (Gl. IVb, § 30)

$$9)\ \mathfrak{h}' = \frac{D F_2'}{D - F_1' - F_2}\ .$$

$$\text{III. } \mathfrak{h}' = \frac{-D n_1 r_2}{(n_2 - n_1)\, D + n_2\,(r_2 - r_1)}\ .$$

$$\text{IV. } \frac{\mathfrak{h}}{\mathfrak{h}'} = \frac{r_1}{-r_2}\ .$$

C) Der gegenseitige Abstand der beiden Hauptpunkte, die bei der Linse mit den Knotenpunkten zusammenfallen (§ 34, zu Ende), sei $\mathfrak{K} = \mathfrak{H}\mathfrak{H}'$.

$$10)\ \mathfrak{H}\mathfrak{H}' = \mathfrak{H} S_1 + S_1 S_2 + S_2 \mathfrak{H}' \text{ oder}$$
$$\mathfrak{K} = \mathfrak{h} + D + \mathfrak{h}'; \text{ folglich (nach Gl. II u. III dieses §)}$$

$$11)\ \mathfrak{K} = \frac{D\,\{(n_2 - n_1)\, D + n_2\,(r_2 - r_1) + n_1 r_1 - n_1 r_2\}}{(n_2 - n_2)\, D + n_2\,(r_2 - r_1)}\ .$$

$$12)\ n_2 (r_2 - r_1) + n_1 r_1 - n_1 r_2 = (n_2 - n_1)[r_2 - r_1]\ .$$

$$\text{V. } \mathfrak{K} = \frac{D\,\{(n_2 - n_1)\,(D + r_2 - r_1)\}}{(n_2 - n_1)\, D + n_2\,(r_2 - r_1)}\ .$$

$\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ waren positiv, wenn sie ausserhalb der Linse liegen.

$\mathfrak{K}$ ist positiv, wenn $\mathfrak{H}$ vor $\mathfrak{H}'$ liegt.

§ 39. Glaslinsen in Luft.

1) $n_1 = 1$.

2) $n_2 = n$ des Glases (= 1,528; oder, annähernd, = 1,5).

Für $n = \frac{3}{2}$ wird $\frac{1}{n-1} = 2$; $\frac{n}{n-1} = 3$; $\frac{n-1}{n} = \frac{1}{3}$.

$$\text{I. } \mathfrak{F} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{r_1 r_2}{\left\{(r_2 - r_1) + \left(\frac{n-1}{n}\right) D\right\}} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{r_1 r_2}{\varrho},$$

wenn wir (zur Vereinfachung) setzen

$$3) \quad \varrho = (r_2 - r_1) + \left(\frac{n-1}{n}\right) D.$$

$$\text{II. } \mathfrak{h} = \frac{1}{n} \cdot \frac{r_1}{\varrho} \cdot D.$$

$$\text{III. } \mathfrak{h}' = -\frac{1}{n} \cdot \frac{r_2}{\varrho} \cdot D.$$

$$\text{IV. } \mathfrak{K} = \left(\frac{n-1}{n}\right) \cdot \frac{(D + r_2 - r_1) \cdot D}{\varrho}. -$$

Ferner aus Gl. X, § 34, da $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}'$,

V. $-\frac{\beta}{\beta^1} = \frac{\varphi}{\mathfrak{F}} = \frac{\mathfrak{F}}{\varphi'}$; endlich aus Gl. XI § 34 demnach

Va. $\frac{\mathfrak{F}}{f} + \frac{\mathfrak{F}}{f'} = 1$, also

Vb. $\frac{1}{f} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{\mathfrak{F}}$, oder $\frac{1}{f'} = \frac{1}{\mathfrak{F}} - \frac{1}{f}$.

In V, Va, Vb sind φ und φ' die Entfernungen zusammengehöriger Bilder von den entsprechenden Brennpunkten; f und f' dieselben von den entsprechenden Hauptpunkten.

§ 40. Vereinfachte Formeln für dünne Glaslinsen.

Die gewöhnlichen Glaslinsen des Brillenkastens sind sehr dünn und dabei ebenmässig[a]: d. h.

[a] symmetrisch.

1) D ist sehr klein gegen F_1' und gegen F_2, also

$$\mathfrak{F} = \frac{F_1 F_2}{F_1' + F_2} = \frac{F_1' F_2'}{F_1' + F_2} = \mathfrak{F}' \text{ (§ 38 A.)}$$

2) r_1 ist in absolutem Maasse gleich r_2.

Für den Hauptfall der doppelt erhabenen Sammellinse wird $r_2 = -r_1$, da die erste Kugelfläche dem einfallenden Strahl

die Wölbung, die zweite aber die Höhlung zukehrt; folglich $r_2 - r_1 = -2r$; eine Grösse, gegen welche $+D$ verschwindet. Also folgt $\varrho = (r_2 - r_1) = -2r$.

$$\mathfrak{F} = \frac{-r \cdot r}{(n-1)(-2r)} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{r}{2}, \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\mathfrak{F}} = \frac{2(n-1)}{r}.$$

Diese Gleichung haben wir zur Berechnung der Dioptrienwerthe benutzt. (Vgl. S. 99.)

Für $n = \frac{3}{2}$ wird $\mathfrak{F} = r$.

Die Grössen $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ sowie $\mathfrak{K}$ nähern sich dem Werthe Null, da D (der Factor des Zählers) sich diesem Werthe nähert. (§ 39, Gl. II, III, IV.)

An Stelle der beiden Knoten- (Haupt-) Punkte tritt O, der optische Mittelpunkt der Linse. Dieser fällt mit dem geometrischen Mittelpunkt zusammen, wenn die Linse ebenmässig ist.

Ein Strahl, der durch O geht, wird nicht von seiner Richtung abgelenkt.

Bei einer unregelmässigen Linse, für welche r_2 in absolutem Maass nicht gleich r_1 ist, liegt O näher zu der stärker gekrümmten Fläche, derart, dass

$$S_1 O : O S_2 = r_1 : r_2.$$

Wir ziehen von M_1 einen beliebigen Radius $M_1 P_1$ und von M_2 den dazu parallelen $M_2 P_2$; verbinden P_1 mit P_2 durch eine Grade: so

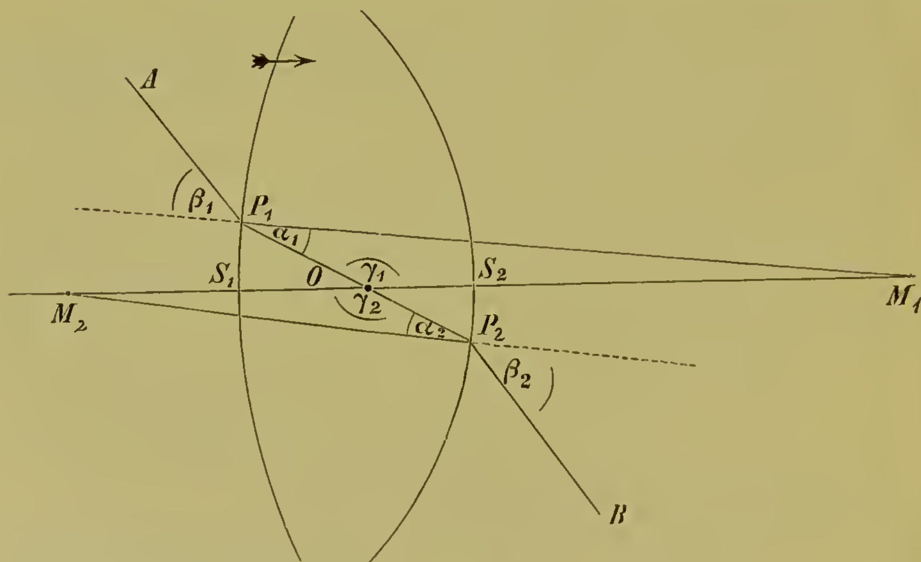


Fig. 99.

ist der Punkt O, in welchem $P_1 P_2$ und $M_1 M_2$ einander schneiden, der optische Mittelpunkt der Linse.

Geht ein Strahl in der beliebigen Richtung $P_1 P_2$ durch O, so wird

$$\angle \alpha_1 = \angle \alpha_2, \text{ da } M_1 P_1 \mp M_2 P_2.$$

Da aber $n_1 = n_3$, so wird auch

$$\angle \beta_1 = \angle \beta_2, \text{ also } A P_1 \mp B P_2,$$

d. h. der einfallende Strahl $A P_1$ wird von seiner Richtung nicht abgelenkt.

$$\triangle M_1 P_1 O \sim \triangle M_2 P_2 O, \text{ da } \angle \alpha_1 = \angle \alpha_2; \angle \gamma_1 = \angle \gamma_2.$$

$$M_1 P_1 : M_1 O = M_2 P_2 : M_2 O.$$

$$M_1 P_1 - M_1 O : M_2 P_2 - M_2 O = M_1 P_1 : M_2 P_2.$$

$$r_1 - M_1 O : r_2 - M_2 O = r_1 : r_2.$$

$$S_1 O : O S_2 = r_1 : r_2.$$

(Für die menschliche Crystall-Linse, deren Gestalt unsere Zeichnung wiedergiebt, ist $r_1 = 10$ Mm., $r_2 = 6$ Mm., $S_1 S_2 = 3{,}6$ Mm., $S_2 O = 2{,}4$ Mm.)

Der ursprünglich gewählte Radius $M_1 P_1$ war beliebig; indem wir den ihm parallelen $M_2 P_2$ zu der zweiten Kugelfläche der Linse zogen, und die Endpunkte der Radien P_1 und P_2 mit einander verbanden, erhielten wir als Schnittpunkt von $P_1 P_2$ mit der Hauptachse $M_1 M_2$ den festen Punkt O, der in einer gegebenen Linse die bestimmte Lage zwischen M_1 und M_2 besitzt, dass

$$S_1 O : O S_2 = r_1 : r_2.$$

Der Punkt O besitzt die Eigenschaft, dass jeder Lichtstrahl, der innerhalb der Linse ihn passirt, parallel seiner ursprünglichen Richtung wieder austritt, weil die berührenden Ebenen an den Endpunkten der beiden Radien (P_1 und P_2) einander parallel sind; die Linse also auf einen solchen Strahl wirkt, wie eine von zwei parallelen Ebenen begrenzte Glasplatte. [1])

§ 41. Zusatz. Die vereinfachte Formel für dünne Glaslinsen ist natürlich schon vor der Gauss'schen Dioptrik in einfachster Weise abgeleitet worden.

Für die Brechung an der ersten Kugelfläche der Linse gilt (Gl. Ia, § 2)

$$1)\quad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{n_2}\left(\frac{n_2 - n_1}{r_1} - \frac{n_1}{f_1}\right).$$

1) Vgl. unten die Beschreibung des Ophthalmometers.

Für die Brechung an der zweiten Kugelfläche der doppelt erhabenen Glaslinse wird r_2 negativ und auch φ_1 negativ, da die Linse sehr dünn ist, also das erste Bild hinter die zweite Fläche fällt.

$$2)\ \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_3}\left(\frac{n_3 - n_2}{-r_2} - \frac{n_2}{-\varphi_1}\right).$$

Nun ist $n_3 = n_1$, als $n_3 - n_2 = -(n_2 - n_1)$; und, in absolutem Werth, nahezu $\varphi_1 = f_2$.

$$3)\ \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_2 - n_1}{r_2} + \frac{n_2}{n_2}\left\{\frac{n_2 - n_1}{r_1} - \frac{n_1}{f_1}\right\}\right)$$

$f_1 = \infty$ giebt den besonderen Werth von φ_2, den wir mit $\mathfrak{F}$ bezeichnen.

$$\text{I.}\ \frac{1}{\mathfrak{F}} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_2 - n_1}{r_1} + \frac{n_2 - n_1}{r_2}\right) = \frac{n_2 - n_1}{n_1}\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

oder für ebenmässige, dünne Glaslinsen in Luft

$$\frac{1}{\mathfrak{F}} = \frac{2\,(n-1)}{r}.\ \text{(Vgl. § 40.)}$$

Die verschiedenen Arten der Linsen.

A. Sammellinsen.

1) Doppelt erhabene.

§ 42. Bei den doppelt erhabenen Sammellinsen sind die beiden Kugelflächen nach aussen gewölbt; also r_1 positiv, r_2 negativ.

$\mathfrak{F}$ ist positiv; denn in Gl. I § 39 ist sowohl der Zähler des Bruchs negativ (wegen r_2), als auch der Nenner negativ, da $\varrho = r_2 - r_1 + \left(\frac{n-1}{n}\right) D$, wegen der Kleinheit von $+D$ gegen $r_2 - r_1$, immer negativ bleibt. $\mathfrak{h}$ ist negativ: denn der Zähler des Bruchs (Gl. II, § 39) ist positiv, D ist seiner Natur nach immer positiv; der Nenner ϱ ist negativ. $\mathfrak{h}'$ ist negativ: denn der Zähler des Bruchs ist positiv, da r_2 negativ, also $-r_2$ positiv; der Nenner ϱ ist negativ.

Also liegen die beiden Hauptpunkte innerhalb der Linse: denn $\mathfrak{h}$ war positiv, wenn vor der ersten Trennungsfläche gelegen; $\mathfrak{h}'$ war positiv, wenn hinter der zweiten Trennungsfläche gelegen. $\mathfrak{K}$ ist positiv (Gl. IV, § 39), da im Zähler des Bruchs die Grösse $(D + r_2 - r_1)$ negativ, wegen des negativen Werthes von r_2, und im Nenner ϱ negativ. Also liegt der erste Hauptpunkt vor dem zweiten.

§ 43. Als Beispiel wähle ich die dickste Linse des Brillenkastens, welche bisher als + 2 Zoll bezeichnet worden. Der Krümmungshalbmesser der Schleifschale ist 2 Zoll preuss. = 52 Mm.; die Dicke beträgt etwa 8 Mm.[1]) (Fig. 100.)

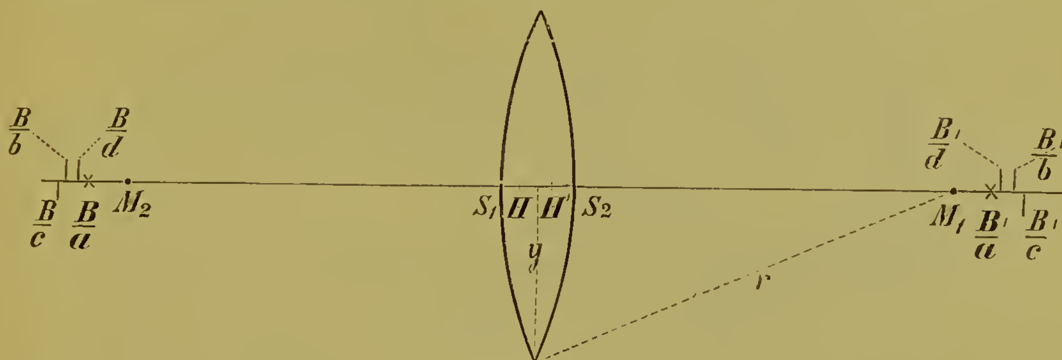


Fig. 100.

a) $n = 1{,}528;\ \frac{n-1}{n} = 0{,}345.$

$$\varrho = r_2 - r_1 + \left(\frac{n-1}{n}\right) D = -104 + 2{,}76 = -101{,}24 \text{ Mm.}$$

$$\mathfrak{F} = \left(\frac{1}{n-1}\right)\frac{r_1\, r_2}{\varrho} = \frac{-52 \times 52}{0{,}528 \times (-101{,}24)} = +50{,}6 \text{ Mm.}$$

---

1) Die Dicke einer solchen biconvexen Linse ist

$$D = \frac{y^2}{\mathfrak{F}},\ \text{wenn } y \text{ die halbe Breite der Linse.}$$

Sei $d = \frac{D}{2}$, so folgt (Fig. 100)

$y^2 + (r - d)^2 = r^2$ oder, wenn man die kleine Grösse d^2 vernachlässigt,

$$y^2 = 2\,d\,r;\ \text{d. h. } D = \frac{y^2}{r} = \frac{y^2}{\mathfrak{F}},\ \text{da hier } r = F.$$

Im obigen Fall messen wir $y = 19$ Mm.; setzen wir, um abzurunden, $y = 20$, so folgt

$$D = \frac{400}{52} = 8 \text{ Mm. (In runden Zahlen).}$$

Die Dicke einer planconvexen Linie ist auch

$$D = \frac{y^2}{\mathfrak{F}},\ \text{wo } \mathfrak{F} = 2\,r.$$

Will man ein sehr dünnes Glas, so wird es schmal. Ein planconvexes Starglas + 4 Zoll ist 33 Mm. breit, $2^3/_4$ Mm. dick. $D = \frac{16{,}5^2}{104} = 2{,}72$ Mm. Das Glas + 20 D in der Scheibe des Augenspiegels ist kaum 1 Mm. dick, 7 Mm. breit, allerdings am Rande abgeschliffen.

Die Dicke einer planconcaven oder biconcaven Linse kann durch die Kunst des Schleifens beliebig verringert werden; die Grenze wird gegeben durch die Haltbarkeit.

$$\mathfrak{h} = \frac{1}{n} \cdot \frac{r_1 \cdot D}{\varrho} = \frac{1}{1{,}528} \times \frac{52 \times 8}{(-101{,}24)} = -2{,}5.$$

$$\mathfrak{h}' = -\frac{1}{n} \cdot \frac{r_2 D}{\varrho} = \frac{-1}{1{,}528} \times \frac{(-52) \times 8}{(-101{,}24)} = -2{,}5.$$

$$\mathfrak{K} = \left(\frac{n-1}{n}\right) \frac{(D + r_2 - r_1)}{\varrho} D = \frac{0{,}345. (8 - 52 - 52) 8}{-101{,}24} = +3.$$

(Die Rechnungen sind in runden Zahlen ausgeführt.)

In Fig. 100 sind $\mathfrak{H}$ und $\mathfrak{H}'$ bezeichnet, ebenso die Brennpunkte $\frac{\mathfrak{B}}{a}$ und $\frac{\mathfrak{B}'}{a}$ durch ˣˣ angedeutet. [1])

b) Setzt man $n = 1{,}5$; so wird

$$\frac{n-1}{n} = \frac{1}{3} = 0{,}33.$$

$$\varrho = -101.$$

$$\mathfrak{F} = +53.$$

$$\mathfrak{h} = -2{,}6.$$

$$\mathfrak{F}_b - \mathfrak{F}_a = \triangle = 53 - 50{,}6 = 2{,}4.$$

$$\frac{\triangle}{\mathfrak{F}} = 5\,\% \text{ (ungefähr).}$$

c) Vernachlässigt man D und setzt $n = 1{,}528$; so wird

$$\mathfrak{F} = 1{,}05.\ r = 54{,}6 \text{ Mm.},$$

vom optischen Mittelpunkte aus gerechnet.

d) Vernachlässigt man D und setzt gleichzeitig $n = 1{,}5$, so wird

$$\mathfrak{F} = r = 52 \text{ Mm.},$$

vom optischen Mittelpunkt aus gerechnet. Die aus diesen Berechnungen (b, c, d) sich ergebenden Brennpunkte

$\frac{\mathfrak{B}}{b}$, $\frac{\mathfrak{B}}{c}$, $\frac{\mathfrak{B}}{d}$ und $\frac{\mathfrak{B}'}{b}$, $\frac{\mathfrak{B}'}{c}$, $\frac{\mathfrak{B}'}{d}$ sind in der Figur bezeichnet.

$\frac{\mathfrak{B}}{d}$ fällt nahezu mit $\frac{\mathfrak{B}}{a}$ zusammen.

§. 44. Als zweites Beispiel wähle ich eine der dünnsten Linsen des Brillenkastens, nämlich diejenige, welche früher mit + 40 Zoll bezeichnet wurde.

$$r = 40'' = 1040 \text{ Mm.}$$

$$D = 1{,}5 \text{ Mm.}$$

$$\varrho = -2080 + 0{,}45$$

$$\mathfrak{F} = \frac{r}{1{,}05} = 1000 \text{ in runder Zahl.}$$

§ 45. Ueberhaupt ist für dünne und ebenmässige Linsen, wenn $n = \frac{3}{2}$ gesetzt wird,

---

1) Die Buchstaben in der Figur 100 sind aber lateinisch.

$$\varrho = -2r + \frac{D}{3}$$

$$\mathfrak{F} = \frac{-rr}{\frac{1}{2}\left(-2r + \frac{D}{3}\right)} = \left(\frac{1}{1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}}\right) \cdot r$$

$$\mathfrak{h} = -\left(\frac{1}{1 - \frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}}\right) \cdot \frac{D}{3} = \mathfrak{h}'.$$

Also $\mathfrak{h} = \mathfrak{h}' = -\frac{D}{3}$.

Denn $\frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}$ verschwindet gegen 1, da D klein gegen r.

Die beiden Hauptpunkte theilen die Linsendicke in drei gleiche Theile.

$$\mathfrak{K} = \frac{D}{3}.$$

§ 46. Dickere linsenartige Systeme aus drei Mitteln und zwei kugligen Trennungsflächen.

A. Aus Gl. 4, § 38 (nämlich $\mathfrak{F} = \frac{F_1 F_2}{F_1' + F_2 - D} = \mathfrak{F}'$) folgt sofort, dass für Systeme aus zwei positiv wirkenden Kugelflächen (F_1' und F_2 positiv) $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}'$ immer positiv ist, so lange $F_1' + F_2 - D > 0$, d. h. positiv: also so lange die Dicke des Linsen-Systems kleiner, als $F_1' + F_2$.

Diese Bedingung ist erfüllt für die doppelt erhabenen Sammellinsen unseres Brillenkastens und unserer optischen Instrumente.

B. Wird aber $F_1' + F_2 - D = 0$ oder

$$F_1' + F_2 = D^*),$$

so folgt $\mathfrak{F} = \mathfrak{F}' = \infty$.

Dieses System wirkt wie ein Fernrohr[a]: ein parallel einfallendes Strahlenbündel bleibt parallel nach dem Austritt. [a] teleskopisch.

C. Wird $D > F_1' + F_2$, so hat das doppelt erhabene Linsensystem eine negative Brennweite, d. h. der erste Brennpunkt liegt im Gange der einfallenden Lichtstrahlen hinter dem ersten Hauptpunkt,

*) Wenn $r_1 = -r_2$, d. h. der Linsenkörper beiderseits nach aussen gewölbt, wie wir angenommen, und beide Radien gleich in absolutem Maasse; wenn ferner $n_1 = 1$ (Luft), $n_2 = \frac{3}{2}$ (Glas); so folgt aus Gl. 2 und 3a des § 38, dass

$$F_1' = F_2 = 3r.$$

Also lautet die obige Bedingung auch $D = 6r$.

wie in unserer Fig. 97. Doch verlohnt es nicht, diese unpraktischen Fälle weiter zu verfolgen.[1])

§ 47. Kugellinsen

wurden früher als einfache Mikroskope und werden noch heute als Lupen verwendet.

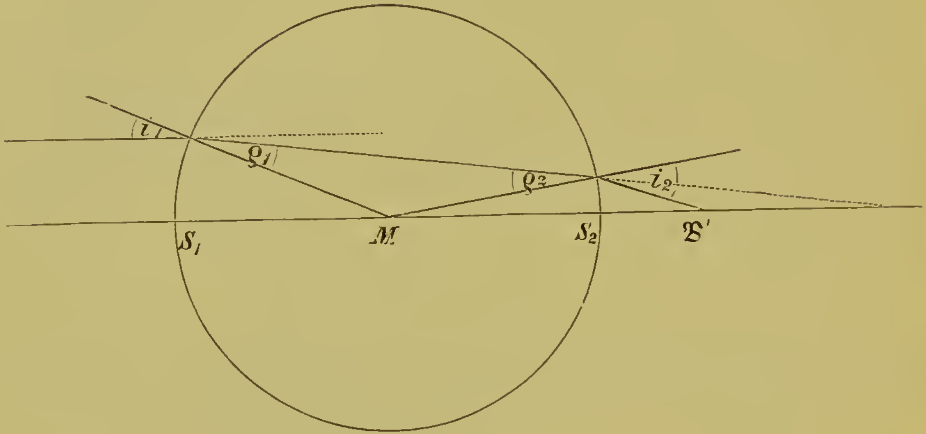


Fig. 101.

Wir betrachten eine feste Glaskugel in Luft. Es ist $D = 2r$. Nach § 39 wird

$$1)\quad \mathfrak{h} = \frac{2rr}{\frac{3}{2}(-2r + \frac{2}{3}r)} = -r\,.$$

$$2)\quad \mathfrak{h}' = \frac{2rr}{\frac{3}{2}(-2r + \frac{2}{3}r)} = -r\,.$$

$$3)\quad \mathfrak{K} = \tfrac{1}{3}\,\frac{(2r - 2r)\,2r}{(-2r + \frac{2}{3}r)} = 0.$$

$$4)\quad \mathfrak{F} = \mathfrak{F}' = \frac{-2rr}{(-2r + \frac{2}{3}r)} = +\tfrac{3}{2}r\,.$$

Die beiden Haupt- (Knoten-) Punkte fallen zusammen in den Mittelpunkt der Kugel. Es ist ja auch an sich klar, dass ein nach dem Mittelpunkt der Kugel zielender Strahl lothrecht auf beide Kugelflächen-Hälften fällt und demnach nicht abgelenkt wird.

Die Entfernung der Brennpunkte vom Mittelpunkt der Kugel ist $\frac{3}{2}r$; also von den brechenden Kugelflächen $= \frac{3}{2}\,r - r = \frac{r}{2}$.

---

1) Ein System aus zwei Linsen mit veränderlichem und wachsendem D werden wir bei den Optometern kennen lernen.

(Für eine Glaskugel in Luft ist $F = \frac{3}{2} r$; für eine Wasserkugel in Luft wird $\mathfrak{F} = 2r$; für eine Glaskugel in Wasser $= \frac{9}{2} r$, vom Mittelpunkt der Kugel ab gerechnet. Im dritten Fall ist die Brennweite drei Mal so gross als im ersten.)

§ 48. Zusatz. Die Lage des Brennpunkts der Kugellinse kann auch unabhängig von den Hauptpunkten auf einfache Weise gefunden werden.

Nach § 41 gilt für die Brechung an der ersten Kugelfläche der Linse

$$1)\quad \frac{1}{f_2} = \frac{1}{n_2}\left(\frac{n_2 - n_1}{r} - \frac{n_1}{f_1}\right).$$

Für die Brechung an der zweiten Kugelfläche ist einerseits r, andrerseits φ_1 negativ zu setzen und $n_3 = n_1$.

$$2)\quad \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_1 - n_2}{-r} - \frac{n_2}{-\varphi_1}\right) \text{ oder}$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_2 - n_1}{r} + \frac{n_2}{\varphi_1}\right).$$

Für den Fall der Kugellinse wird in absolutem Maass $\varphi_1 = f_2 - 2r$. Also

$$3)\quad \frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_2 - n_1}{r} + \frac{n_2}{f_2 - 2r}\right)$$

Wir suchen den Vereinigungspunkt eines parallel auf die erste Kugelfläche fallenden Strahlenbündels; dann wird $f_1 = \infty$ und

$$f_2 = \frac{n_2 r}{n_2 - n_1}$$

$$\frac{1}{\varphi_2} = \frac{1}{n_1}\left(\frac{n_2 - n_1}{r} + \frac{n_2}{\frac{n_2 r}{n_2 - n_1} - 2r}\right)$$

$$\varphi_2 = \frac{(2n_1 - n_2)\, r}{2(n_2 - n_1)}.$$ [1]

φ_2 ist hier der Abstand des hinteren Brennpunkts der Kugellinse von der Hinterfläche der letzteren ($S_2 \mathfrak{B}'$).

A. Für eine Glaskugel in Luft wird $n_1 = 1$, $n_2 = \frac{3}{2}$

$$\varphi_2 = \frac{2 - \frac{3}{2}}{2(\frac{3}{2} - 1)}\, r = \frac{r}{2}.$$

B. Für eine Wasserkugel in Luft (Schusterkugel) wird $n_1 = 1$, $n_2 = \frac{4}{3}$.

$$\varphi_2 = \frac{(2 - \frac{4}{3})\, r}{2(\frac{4}{3} - 1)} = r.$$

---

1) Vergl. J. Hirschberg, Arch. f. A. u. Physiol., 1882.

C. Für eine Glaskugel in Wasser wird $n_1 = \frac{4}{3}$, $n_2 = \frac{3}{2}$.

$$\varphi_2 = \frac{\left(2 \cdot \frac{4}{3} - \frac{3}{2}\right) r}{2\left(\frac{3}{2} - \frac{4}{3}\right)} = \left(\frac{\frac{16}{6} - \frac{9}{6}}{\frac{2}{6}}\right) r = \frac{7}{2} \cdot r \,.$$

2) Einfach-erhabene Linsen.

§ 49. Wenn die eine Oberfläche eben, die andere erhaben ist, heisst die Linse einfach-erhaben oder planconvex.

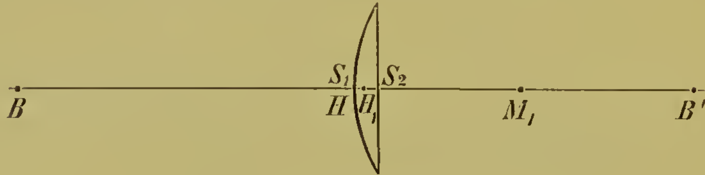


Fig. 102.

Zwei Fälle sind möglich;

A. Entweder ist r_1 positiv, r_2 unendlich.

B. Oder r_1 ist unendlich, r_2 negativ.

§. 50. A. $r_2 = \infty$.

Wir dividiren durch r_2 Nenner und Zähler der Gleichungen I, II, III des § 34 und erhalten

$$1)\ \mathfrak{F} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{r_1}{\left[1 - \frac{r_1}{r_2} + \frac{(n-1)}{n}\frac{D}{r_2}\right]} \,.$$

$$2)\ \mathfrak{h} = \frac{1}{n} \quad \frac{\frac{r_1}{r_2} \cdot D}{\left[1 - \frac{r_1}{r_2} + \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{D}{r_2}\right]} \,.$$

$$3)\ \mathfrak{h}' = -\frac{1}{n} \quad \frac{\cdot D}{\left[1 - \frac{r_1}{r_2} + \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{\cdot D}{r_2}\right]} \,.$$

Dies giebt für den Werth von $r_2 = \infty$

$$\text{I. } \mathfrak{F} = \frac{r_1}{n-1} \,.$$

$$\text{II. } \mathfrak{h} = 0 \,.$$

$$\text{III. } \mathfrak{h}' = -\frac{D}{n} \,.$$

Ist $n > 1$, so bleibt $\mathfrak{F}$ immer positiv. Der erste Hauptpunkt fällt in die gekrümmte Fläche. Der zweite Hauptpunkt liegt innerhalb der Linse.

Für $n = \frac{3}{2}$ wird: 1) $F = 2r$. Für die einfach-erhabene Sammel-Linse ist die Brennweite das Doppelte des Krümmungshalbmessers. (Für die doppelt-erhabene war ungefähr $F = r$. § 43 d.) 2) $\mathfrak{h} = 0$. 3) $\mathfrak{h}' = -\frac{2}{3} \cdot D$; d. h. $\mathfrak{K} = \frac{D}{3}$, wie (§ 45) bei dünnen doppelt-erhabenen Linsen.

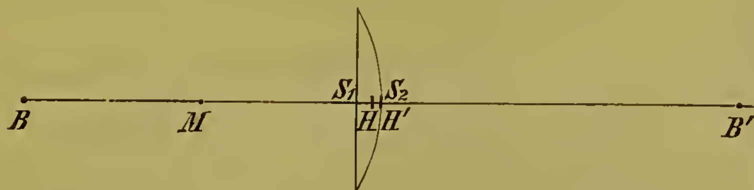


Fig. 103.

§ 51. B. $r_1 = \infty$.

Wir dividiren durch r_1 Zähler und Nenner der Gl. I, II, III des § 34:

$$1)\ \mathfrak{F} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{r_2}{\left[\frac{r_2}{r_1} - 1 + \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{D}{r_1}\right]}.$$

$$2)\ \mathfrak{h} = \frac{1}{n} \cdot \frac{D}{\left[\frac{r_2}{r_1} - 1 + \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{D}{r_1}\right]}.$$

$$3)\ \mathfrak{h}' = -\frac{1}{n} \cdot \frac{D \cdot \frac{r_2}{r_1}}{\left[\frac{r_2}{r_1} - 1 + \left(\frac{n-1}{n}\right)\frac{D}{r_1}\right]}.$$

Für $r_1 = \infty$ wird daraus

$$\text{I. } \mathfrak{F} = \frac{-r_2}{(n-1)} = -2r_2.$$

Da r_2 negativ, wird $\mathfrak{F}$ positiv. $(F = +2r.)$

$$\text{II. } \mathfrak{h} = -\frac{D}{n}.$$

$$\text{III. } \mathfrak{h}' = 0.$$

Der erste Hauptpunkt fällt in die Linse, um $\frac{2}{3} D$ hinter die ebene Fläche, der zweite Hauptpunkt fällt in die gekrümmte Fläche.

§ 52. Es macht für dickere Linsen der planconvexen Art schon einen gewissen Unterschied, ob die Linse an Ort und Stelle umgedreht wird, d. h. S_1 an den Platz von S_2 tritt, und S_2 an den von S_1. Setzen wir $D = 6$ Mm.[1]) für die planconvexe Linse von $3'' = 78$ Mm.

1) An einer durchschnittenen Linse der Art messe ich $D = 6{,}5$ Mm.

Brennweite; so liegt der vordere Brennpunkt vor S um 78 Mm., wenn die Kugelfläche nach vorn gedreht ist ($h_1\, h_2$, Fig. 104): um 74 Mm., wenn die ebene Fläche nach vorn gedreht wird ($H_1\ H_2$, Fig. 104).

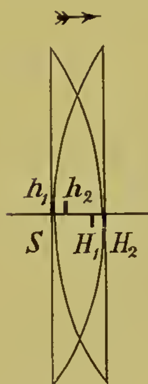


Fig. 104.

Der Unterschied ist $\triangle = 4$ Mm.

$$\frac{\triangle}{\mathfrak{F}} = \frac{4}{75} = 5\,\%.\quad \text{(In runden Zahlen.)}$$

B. Zerstreuungslinsen.

1. Doppelt ausgehöhlte.

§ 52. Bei der doppelt ausgehöhlten oder biconcaven Linse kehren beide Kugelflächen die Höhlung nach aussen. r_1 ist negativ, r_2 ist positiv, also $r_2 - r_1$ positiv. Die Brennweiten sind negativ. Denn in Gl. I, § 39 wird der Zähler des Bruchs negativ, der Nenner positiv: ϱ ist positiv, $(n - 1)$ positiv, da (nach der Voraussetzung) $n > 1$.

Doppelt ausgehöhlte Linsen aus einer Masse, die optisch dichter ist, als das umgebende Mittel, zerstreuen das Licht.[1])

$\mathfrak{h}$ ist negativ, da r_1 negativ; $\mathfrak{h}'$ ist negativ, da $-r_2$ negativ. (Gl. II und III, § 39). Die beiden Hauptpunkte liegen innerhalb der Linse.

$\mathfrak{K}$ ist positiv (Gl. IV § 39), da $D + r_2 - r_1$ positiv; der erste Hauptpunkt liegt vor dem zweiten. (Fig. 105.)

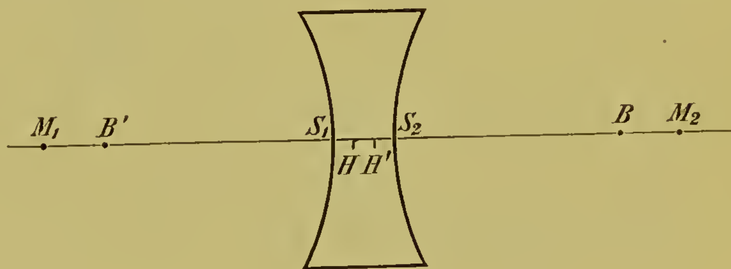


Fig. 105.

§ 53. Wir setzen $r_1 = -r_2$, $n = \frac{3}{2}$. Diese Bedingung giebt das doppelt-ausgehöhlte, ebenmässige Brillenglas. Dann erhalten wir aus Gl. I, II, III § 39:

---

1) Ist $n < 1$, so wird auch der Nenner negativ, $\mathfrak{F}$ positiv.

Fügt man aus zwei dünnen Uhrgläsern eine doppelt ausgehöhlte, mit Luft gefüllte Linse zusammen; so wirkt dieselbe in Wasser lichtsammelnd, in Luft neutral. Das ist eine Taucherbrille. (Vgl. S. 106.)

$$\varrho = + 2r + \frac{D}{3} .$$

$$\mathfrak{F} = \frac{-r \cdot r}{\frac{1}{2}\left(2r + \frac{D}{3}\right)} = -\frac{1}{\left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}\right)} \cdot r .$$

$$\mathfrak{h} = \mathfrak{h}' = -\frac{1}{\left(1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}\right)} \cdot \frac{D}{3}$$

Ist D klein gegen r, so wird $\mathfrak{h} = \mathfrak{h}' = -\frac{D}{3}$: d. h. die beiden Hauptpunkte theilen D in drei gleiehe Theile.

Lässt man D wachsen, so werden $\mathfrak{h}$ und $\mathfrak{h}'$ immer kleinere Theile von $-\frac{D}{3}$: d. h. stets liegt $\mathfrak{H}$ im ersten, $\mathfrak{H}'$ im letzten Drittel von D.

§ 54. Als Beispiel wähle ich die schärfste Zerstreuungslinse des Brillenkastens, deren Brennweite $= -2'' = -52$ Mm.

Die Kunst des heutigen Brillenschleifers besteht darin, diesem Glas in der Mitte, zwischen den beiden Scheiteln, eine Dicke von nur 1—2 Mm. zu belassen.

$\frac{1}{6} \cdot \frac{D}{r}$ wird also ungefähr $^1/_{300}$ bis $^1/_{150}$ und verschwindet gegen die Einheit.

$\mathfrak{F} = -r$, wenn $n = 1{,}5$ gesetzt wird; $1{,}05\ \mathfrak{F} = -r$, wenn $n = 1{,}528$.

2) Einfach ausgehöhlte Linsen.

§ 55. Wenn die eine Oberfläche eben, die andere ausgehöhlt ist, heisst die Linse einfach ausgehöhlt oder planconcav.

Zwei Fälle sind möglich:

A) Entweder ist r_1 negativ, r_2 unendlich.

B) Oder r_1 ist unendlich, r_2 positiv.

Die Formeln erhält man am leichtesten aus denen für die einfach erhabenen (§§ 50 und 51), indem man dem r der krummen Fläche das entgegengesetzte Vorzeichen giebt.

§ 56. A)

$$r_2 = \infty .$$

$$\mathfrak{F} = \frac{-r}{(n-1)} .$$

$$\mathfrak{h} = 0 .$$

$$\mathfrak{h}' = -\frac{D}{n} . \quad \text{(Fig. 106).}$$

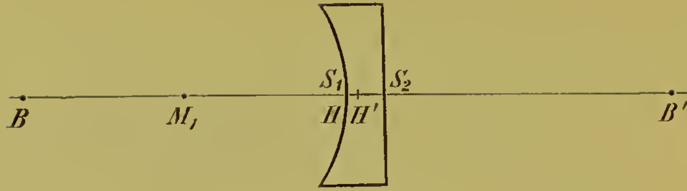


Fig. 106.

§ 57. B)

$$r_1 = \infty\,.$$

$$\mathfrak{F} = \frac{-r}{(n-1)}\,.$$

$$\mathfrak{h} = -\frac{D}{n}\,.$$

$$\mathfrak{h}' = 0. \text{ (Fig. 107).}$$

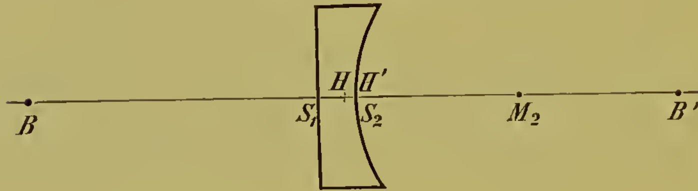


Fig. 107

§ 58. Die einfach ausgehöhlten Linsen sind immer lichtzerstreuend, wenn $n > 1$. $\mathfrak{F}$ ist nahezu das Doppelte von r. Der eine Hauptpunkt fällt in den Scheitel der Kugelfläche, der andere liegt im Innern der Linse, um $\frac{D}{n}$ (d. i. $\frac{2}{3}$ D) von der ebenen Oberfläche entfernt.

C) Concavconvexe Linsen oder Menisken.[1])

§ 59. Die eine Oberfläche der Linse ist gewölbt, die andere ausgehöhlt. Beide Krümmungshalbmesser haben dasselbe Vorzeichen, aber

---

1) Menisken heissen sie nach Fig. 108. (*Μήν* Mond, *μηνίσκος* kleiner Mond, Halbmond, ☽).

Die concavconvexen Linsen sind zum Theil licht-sammelnd, zum Theil licht-zerstreuend. Also ist unsere Eintheilung der Linsen in sammelnde, zerstreuende und Menisken nicht folgerichtig, wenngleich bequem. Man könnte die zu Brillengläsern verwendeten Linsen eintheilen 1) in solche gleicher Krümmung, [a) gewölbte, b) ausgehöhlte,] und 2) in solche verschiedener Krümmung. Die ersteren heissen auch gleichschenklig (iso-skel, von *ἰσοσκελής*, frz. isoscèle), da die Halbmesser beider Kugelflächen gleich sind. Doppelt erhabene oder doppelt ausgehöhlte Linsen mit ungleichen Halbmessern, d. h. unebenmässige, schiefe oder bucklige Linsen sind nicht in Gebrauch. — Die Menisken heissen auch periskopische oder Umschau-Linsen. (Von *περισκοπέω*, ich schaue umher). Ueber den Grund dieses Namens werde ich noch zu reden haben.

im Hauptfall verschiedene Länge. Da (§ 39, Gl. I) der Zähler $r_1 r_2$ positiv; so ist $\mathfrak{F}$ positiv, wenn ϱ positiv.

$$\varrho = \frac{n-1}{n} D + r_2 - r_1. \quad \text{(Gl. 3, § 39.)}$$

1) $\varrho = \frac{n-1}{n} D - (r_1 - r_2)$. Dieser Ausdruck bleibt positiv, so lange

2) $D > \left(\frac{n}{n-1}\right)(r_1 - r_2)$.

§ 60. A) Beide Krümmungshalbmesser seien positiv, d. h. beide Kugelflächen gewölbt gegen den einfallenden Lichtstrahl.

1) $r_2 > r_1$, also $r_1 - r_2$ negativ; d. h. die zweite (ausgehöhlte) Fläche sei schwächer gekrümmt als die erste (gewölbte) Fläche.

$r_1 - r_2$ ist negativ; $\left(\frac{n}{n-1}\right)(r_1 - r_2)$ auch negativ. $\left(\frac{n}{n-1} = 3\right.$, wenn $n = \frac{3}{2}$).

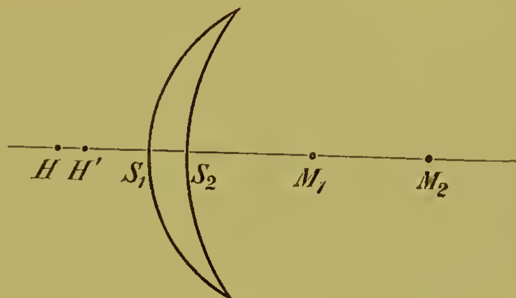


Fig. 108.

Da D seiner Natur nach immer positiv ist, so wird die Bedingung 2 des § 59 erfüllt. $\varrho = (r_2 - r_1) + \left(\frac{n-1}{n}\right) D$ ist positiv, also ist $\mathfrak{F}$ positiv.

$\mathfrak{h}$ ist positiv, da ϱ positiv und r_1 positiv.

Der erste Hauptpunkt liegt vor der ersten Kugelfläche. (§ 39, II.)

$\mathfrak{h}'$ ist negativ, da ϱ positiv und $- r_2$ negativ.

Der zweite Hauptpunkt liegt vor der zweiten Kugelfläche. Derselbe liegt aber auch i. A. vor der ersten Kugelfläche, da $r_2 > n\varrho$, d. h. $\frac{r_2}{n\varrho}$ ein unechter Bruch,[1] also $\mathfrak{h}'$ in absolutem Werthe grösser als D.

$\mathfrak{K}$ ist positiv, da $(D + r_2 - r_1)$ positiv. (§ 39, IV.)

1) Aus 1, § 59 folgt

$$r_2 = \frac{n\varrho - (n-1) D - n r_1}{n}.$$ Aber $(n-1) D$ wie $n r_1$ ist positiv, $n > 1$; also $r_2 > n\varrho$.

Der erste Hauptpunkt liegt vor dem zweiten. Die Linse wird nach dem Rand zu dünner.

Fig. 108 giebt diese Form des Sammel-Meniscus.

§ 61. 2) $r_2 = r_1$. Die beiden Krümmungsmittelpunkte folgen einander auf der Hauptachse mit dem Abstand $M_1 M_2 = S_1 S_2 = D$.

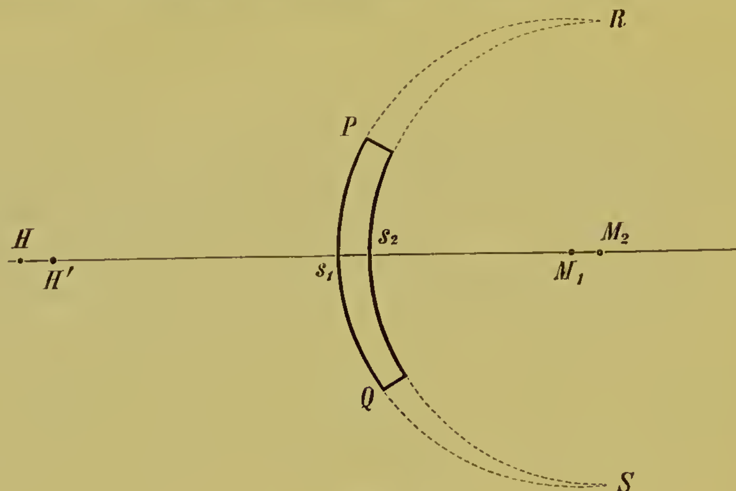


Fig. 109.

Ist D klein und die Oeffnung des Linsenglases ($\angle M_1 P Q$) nur klein, so scheinen die beiden krummen Flächen gleichlaufend zu sein. In Wirklichkeit laufen sie aber nach den Punkten R und S zusammen. Die Linse hat auf dem Durchschnitt Halbmondform (Fig. 109) und wird nach dem Rande zu dünner, ebenso wie die in Fig. 108 dargestellte, nur mehr allmählich.

$r_1 - r_2 = 0$, $D > 0$ (§ 59, Gl. 2), also $\mathfrak{F}$ positiv.

Aber die Brennweite ist lang, die Brechkraft gering, besonders wenn D klein ist.

$$\varrho = \left(\frac{n-1}{n}\right) D.$$

$$\mathfrak{F} = \frac{n}{(n-1)^2} \cdot \frac{r^2}{D}.$$

$$\mathfrak{h} = \frac{r}{n-1}.$$

$$\mathfrak{h}' = \frac{-r}{(n-1)}.$$

$$\mathfrak{K} = D.$$

Nehmen wir an, ein dickeres, sogenanntes Crystall-Schutzglas wäre derart geschliffen: $r = 52$ Mm., $D = 3$ Mm.[1])

1) Ich mass an einer durchschnittenen Linse dieser Art $D = 2{,}5$ Mm. Ihre Wirkung war nahezu gleich $= -0{,}5$ Dioptr.

$$\mathfrak{F} = 5408 \text{ Mm.} \quad \left(\frac{1}{\mathfrak{F}} \leqq 0{,}2 \text{ Dioptr.}\right)$$
$$\mathfrak{h} = +104 \,.$$
$$\mathfrak{h}' = -104 \,.$$
$$\mathfrak{K} = D = 3 \,.$$

In Wirklichkeit haben diese Schutzgläser aber eine leicht zerstreuende Wirkung. Sie sind also nicht durch Schleifen beider Kugelflächen auf derselben Schale hergestellt.

§ 62. 3) $r_2 < r_1$, also $r_1 - r_2$ positiv.

Diese Linse ist zerstreuend, wenn $D < \left(\frac{n}{n-1}\right)(r_1 - r_2)$;

„ „ „ teleskopisch, „ $D = \left(\frac{n}{n-1}\right)(r_1 - r_2)$;

„ „ „ sammelnd, „ $D > \left(\frac{n}{n-1}\right)(r_1 - r_2)$.

Also wenn $n = \frac{3}{2}$, so wird die Linse

a) zerstreuend, wenn $D < 3\,(r_1 - r_2)$,
b) teleskopisch, wenn $D = 3\,(r_1 - r_2)$,
c) sammelnd, wenn $D > 3\,(r_1 - r_2)$.

In unseren üblichen Glaslinsen ist die Bedingung a) erfüllt. Diejenigen Glasmenisken, welche nach dem Rande zu dicker werden, zerstreuen das Licht.

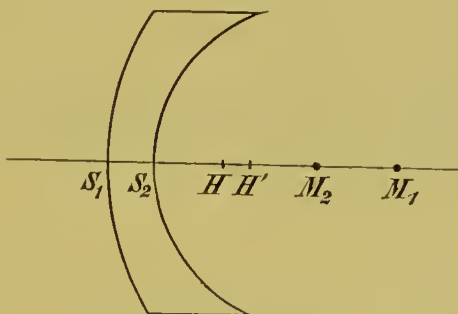


Fig. 109 a.

Fig. 109a stellt den üblichen Zerstreuungs-Meniscus dar.

$\mathfrak{F}$ ist negativ, da in Gl. I, § 39 der Zähler positiv, der Nenner aber negativ; denn $r_2 - r_1$ ist negativ (ϱ negativ). $\mathfrak{h}$ wird negativ, da ϱ negativ. Der erste Hauptpunkt liegt hinter der ersten Kugelfläche. $\mathfrak{h}'$ wird positiv, da der Zähler $-r_2$ negativ, der Nenner ϱ negativ. Der zweite Hauptpunkt liegt hinter der zweiten Kugelfläche. $\mathfrak{K}$ ist positiv, wenn $D + r_2 > r_1$. Für die gewöhnlichen Menisken liegen

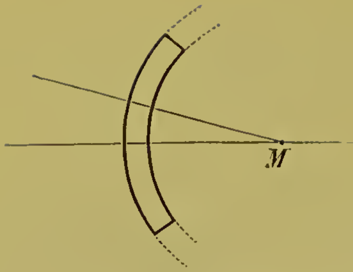


Fig. 109 b.

die beiden Hauptpunkte auf der concaven Seite der Linse, wenn dieselbe das Licht zerstreut; auf der convexen[1]), wenn sie das Licht sammelt. (Vgl. Fig. 108.)

Erwähnung verdient noch die Linse mit concentrischen Kugelflächen, das gebogene Schutzglas. (Fig. 109 b.)

$$r_1 = D + r_2 \text{ oder } r_1 - r_2 = D\,.$$

$$\varrho = -D + \left(\frac{n-1}{n}\right) D = -\frac{D}{n}\,.$$

$$\mathfrak{F} = -\left(\frac{n}{n-1}\right)\frac{rr}{D} \text{ oder nahezu } = -\frac{3\,r^2}{D},$$ wenn das Glas sehr dünn ist.

$$\mathfrak{h} = -r_1\,.$$

$$\mathfrak{h}' = +r_2\,.$$

$$\mathfrak{K} = 0.$$

Die beiden Haupt- oder Knotenpunkte fallen in den gemeinschaftlichen Krümmungsmittelpunkt zusammen, wie man auch ohne Rechnung sieht. Die Brechkraft nähert sich dem Werthe Null, wenn D sehr klein gegen r. Für $r_1 = 52$, $D = 1$ Mm. wird $\mathfrak{F} = -7500$; und für $D = 2$ Mm. wird $\mathfrak{F} = -4000$ Mm. (nahezu). In der That findet man bei den gebogenen Schutzgläsern gelegentlich eine zerstreuende Wirkung von 0,25 Dioptr. Gemacht werden sie aus einer in der Hitze gebogenen Planglasplatte und auch nachträglich durch Schleifen verbessert.

Bedingung b giebt den Steinheil'schen Kegel, ein schwach vergrösserndes Galilei'sches Fernrohr aus einem Glasstück. ($PQRT$, Fig. 110).

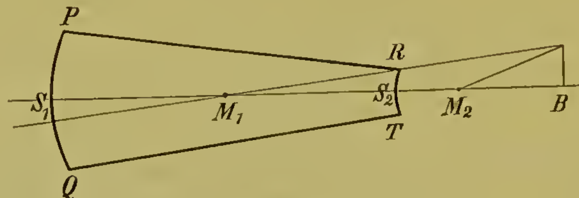


Fig. 110.

Es sei S_1 der Scheitel der ersten (erhabenen) Kugelfläche, M_1 der Krümmungsmittelpunkt derselben; S_2 der Scheitel der zweiten

1) Ausnahmen, bezw. Uebergänge zu dem Verhalten der planconvexen Linsen sollen gleich erwähnt werden.

(ausgehöhlten) Kugelfläche, M_2 der Krümmungsmittelpunkt derselben.

Bedingung ist, dass in denselben Punkt B der zweite Brennpunkt der ersten Kugelfläche und der erste Brennpunkt der zweiten Kugelfläche zusammenfallen. Dann wird das parallel der Hauptachse einfallende Strahlenbündel durch die Brechung an der ersten Kugelfläche nach B convergent gemacht, und das nach B convergirende Bündel durch die Brechung an der zweiten Kugelfläche wieder parallel gemacht.

$$S_1 B = \frac{n r_1}{n - 1} = 3 r_1 \, .$$

$$S_2 B = \frac{- n r_2}{1 - n} = \frac{n r_2}{n - 1} = 3 r_2 \, .$$

$$S_2 B = S_1 B - D.$$

$$3 r_2 - 3 r_1 + D = o$$

$$r_2 = r_1 - \frac{D}{3} \, .$$

$$\text{Vergrösserung } V = \frac{r_1}{r_2} = \frac{r_1}{r_1 - \frac{D}{3}} \, .$$

Die Vergrösserung ist gering.

Gebraucht werden hauptsächlich Kegel für Kurzsichtige, mit entsprechender Verkürzung von D.

Fall c) ist unpraktisch und braucht hier nicht weiter verfolgt zu werden.

§ 64. B) Beide Kümmungsradien sind negativ.

Wir erhalten dieselben Linsen wie in A) (§ 60 fgd.), — nur von der andern Seite her betrachtet. Die erste Fläche wird zur zweiten und umgekehrt.

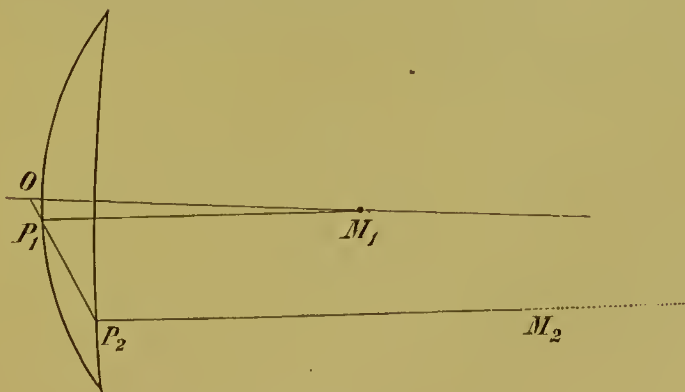


Fig. 111.

§ 65. Verordnet der Arzt + 3 Zoll periskopisch, so wird dasjenige Glas gegeben, dessen Durchschnitt auf Fig. 111 in natürlicher Grösse dargestellt ist:

$r_1 = 1^1/_4'' = 33{,}75$ Mm. ($1'' = 27$ Mm.).
$r_2 = 7^1/_2'' = 202{,}5$ Mm.[1])
$D = 6^1/_2$ Mm.

Für $n = \frac{3}{2}$ wird (in runden Zahlen)

$\varrho = 169.$
$\mathfrak{F} = 80.$ ($3'' = 81$ Mm.).
$\mathfrak{h} = 0{,}8$ Mm.
$\mathfrak{h}' = -5{,}1$ Mm.
$\mathfrak{K} = 2$ Mm.[2])

§ 66. Verordnet man ein muschelförmiges periskopisches Glas von 3 Zoll, so wird dasjenige gegeben, dessen Durchschnitt auf Fig. 112 in natürlicher Grösse dargestellt ist:

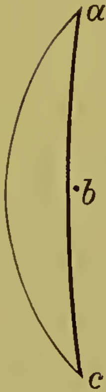


Fig. 112.

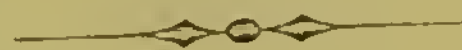
$r_1 = 1^1/_8'' = 30{,}4$ Mm.
$r_2 = 5^3/_4'' = 155$ Mm.
$D = 6^1/_2$ Mm.
$\varrho = 126{,}5.$
$\mathfrak{F} = 75.$
$\mathfrak{h} = 1.$
$\mathfrak{h}' = -5{,}3.$
$\mathfrak{K} = 2{,}2.$

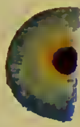
$D + \mathfrak{h} - \mathfrak{h}' = \mathfrak{K}$ oder $1 + 6{,}5 - 5{,}3 = 2{,}2.$

1) Crossed lens heisst in englischen Büchern eine solche Linse, für welche $r_2 = 6\, r_1$; sie giebt die die geringste Abweichung für ein parallel einfallendes Strahlenbündel.

2) Wer diese Lage der Hauptpunkte, von der in den Büchern nicht die Rede ist, verstehen will, berücksichtige, dass sie den Uebergang darstellt von Fig. 108 zu Fig. 102, d. h. vom stark gekrümmten Sammel-Meniscus zur convexplanen Linse.

Ausserdem ist in unserer Fig. 111 der optische Mittelpunkt O durch Construction dargestellt; $M_1 P_1 \mp M_2 P_2$.





1



2



3



4

Einführung

in die

Augenheilkunde

von

Dr. J. Hirschberg,
Ord. Honorar-Professor an der Univ. zu Berlin, Geh. Med.-Rath.

Zweite Hälfte.

Erste Abtheilung.

Mit 113 Figuren und einem Titelbild.

Leipzig
Verlag von Georg Thieme.
1901.

Inhalts-Verzeichniss.

I. Theil.

Erster Abschnitt. Die Augenheilmittel. (S. 3.)

Zweiter Abschnitt.

Die Augen-Operationen. (S. 44.)

Verbesserungen und Zusätze.

Theil I.

Seite 21, Note 6, lies 17 statt 47.

„ 29, Note 1, Z. 3 von unten, lies keiner.

„ 29, Note 1, am Ende, füge hinzu: Nur das von Prof. E. Täuber in Berlin dargestellte p-Diäthoxyäthenyldiphenylamidin, kurz als Holocaïn bezeichnet, hat in 1 % salzsaurer Lösung als ein vorzügliches Mittel sich bewährt, das völlig unschädlich und sogar an Wirksamkeit dem Cocaïn überlegen ist, zumal es auch bei gerötheter Bindehaut seine Kraft entfaltet, z. B. bei akutem Glaukom. Bei Star-Operation ist es ganz vorzüglich. Die ersten Versuche sind von Hirschberg (C. Bl. f. A. 1897, S. 30 u. 55). Die zustimmenden Veröffentlichungen sind sehr zahlreich. Die Lösung kann in guter Glas-Flasche dem siedenden Dampf ausgesetzt werden und wirkt sogar antiseptisch, doch ist sie giftig. Einträuflung in den Bindehaut-Sack ist ganz unbedenklich, nach tausend Versuchen, die ich angestellt. Zirm benutzt Cocaïni hydrochlor., Holocaïni hydrochlor. āā 0,1; Aq. dest. (r. c.) 10,0 zur Einträuflung und auch zur Einspritzung unter die Augapfel-Bindehaut, besonders bei Glaukom. (C. Bl. f. A. 1901, Apr.)

„ 38, Note 2, am Ende, füge hinzu: Im Jahre 1892 fand E. Schmidt (Arch. d. Pharm. CCXXX, 207), dass ein im Handel vorkommendes, aus Scopolia atropoïdes gewonnenes „Hyoscin“ nicht die von Ladenburg ihm zugeschriebene und allseitig angenommene Zusammensetzung $C_{17}H_{23}NO_3$, sondern $C_{17}H_{21}NO_4$ besitzt, und schlug vor, diese Base mit dem Namen Scopolamin zu belegen. Sämmtliche im Handel befindlichen, als Hyoscin bezeichnete Präparate besitzen die Zusammensetzung $C_{17}H_{21}NO_4$. (Prof. Pinner, C. Bl. f. A. 1898, S. 6.) Man verordnet, wegen seiner Giftigkeit, Scopolam. hydrochlor. in der Lösung von 1 : 1000 zur Einträuflung. (Vgl. Rählmann, C. Bl. f. A. 1893, S. 155; Belljarminoff, ebendas. S. 187, u. A.)

„ 41, Z. 2, lies Aq. dest.

„ 41, am Schluss der oberen Note, füge hinzu: Grösste Einzelgabe von Atropin und Physostigmin 0,001 Gramm; von Pilocarpin 0,020; von Morphin 0,030.

„ 76, Note 1, am Ende, lies S. 222.

„ 82, Z. 1, lies Ἀμβλύς.

„ 82, Z. 14, lies Boerhaave.

„ 83, Z. 11, lies Amblyopie.

„ 92, Rand, lies Presbyopen.

Seite 94, Note 2, lies light.

„ 103, Note, setze: 1) $\frac{1}{6} + \frac{1}{4} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$.

„ 112, Z. 10, lies (dem Abstand des 2. Hauptbrennpunkts von dem Knotenpunkt).

„ 114, Note 3, lies schliesse.

„ 135, Z. 24 bis 27, ersetze durch die folgende Bemerkung: Genauere Rechnung ist aber nothwendig, ehe man in einem Fall stärkster Kurzsichtigkeit durch Beseitigung der Krystall-Linse die Refraction vermindert. War die ursprüngliche Refraction eine M von x Dioptrien, so ist die schliessliche Refraction $R_2 = \left(+ 10 - \frac{x}{2}\right)$ D. — Vgl. Hirschberg, C. Bl. f. A. 1897, S. 65; Ostwalt 1895, S. 388; Éperon, Arch. d'Ophth. 1895, S. 750.

„ 233, § 64 B), l. Krümmungsradien.

II. Theil.

Seite 1, sollte Siebenter Abschnitt stehen statt achter.

„ 33, Z. 4 v. u. füge hinzu: R. Liebreich (1858, allg. med. Central-Zeitung, 21. Aug.).

„ 60, 11 sollte stehen 10.

„ 82, Z. 14, füge hinzu: Eine sehr gute Anschauung der Tiefen-Abstände im vorderen Abschnitt des Auges gewährt uns Berger's binoculare Lupe.

„ 136, Note, füge hinzu: Vgl. auch Liebrecht, A. f. O. XXXVI, 4.

„ 186, Note 1, füge hinzu: Vgl. auch Contribution à l'étude du synchisis étincelant par E. Gallemaerts, Bruxelles, 1890.

„ 203, Note 1, füge hinzu: Ferner Wilbrand, Jahrbuch d. Hamburger Staats-Kr. A., I, 1889.

Achter Abschnitt.

Ophthalmoscopie.

Die Anwendung des Augenspiegels.

Die Beurtheilung innerer Augenkrankheiten.

1. So lange Menschen einander in die Augen geschaut, fand *Jeder* die Pupille des *Andren* schwarz. Ueber die *Ursache* dieser *Pupillen-Schwärze* machte man sich entweder gar keine Gedanken oder *falsche*. Bis in die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts galt als *Grundsatz* die *irrige* Ansicht, es sei die Pupille nur deshalb schwarz, weil das von aussen durch dieselbe in's Augen-Innere hineindringende Licht von dem schwarzen Pigment der Umhüllungs-Häute des Augapfels vollkommen *verschluckt* werde: eine Ansicht, die eine gewichtige Stütze zu finden schien in dem rothen Glanze der Pupille *albinotischer* Menschen und Thiere, bei denen bekanntermassen jenes Pigment nicht vorhanden ist.

Dem analytischen Scharfsinn von H. *Helmholtz* war es vorbehalten, im Jahre 1851 die *wahre* Ursache der Pupillen-Schwärze in den eigenartigen *Brechungs-Verhältnissen* des Auges nachzuweisen, und, nachdem er die Ursache richtig erkannt, auch sofort den dunklen Schleier zu heben, welcher Jahrtausende lang auf der Pupille gelastet, und uns einen *Einblick in das Innere* des lebenden Auges zu gewähren, wie wir ihn zur Zeit noch für kein andres Organ des lebenden menschlichen Körpers besitzen.

Die von *Helmholtz* gegebene *Theorie des Augenspiegels*, zu der ich sofort übergehe, hat bis heute *keine* wesentliche *Aenderung* erfahren, nur *Zusätze* hinsichtlich der seitdem genauer erkannten Einstellungen des menschlichen Auges und natürlich eine ausgiebige *Anwendung auf krankhafte Zustände*.

In jedem centrirten[1]) System brechender kugliger Flächen, welches genau gebildet ist, d. h. die von einem leuchtenden Punkt des Gegenstandes ausfahrenden Lichtstrahlen wieder in einen Punkt des dem Gegenstande form- und farben-mässig ähnlichen Bildes vereinigt, können und werden die Lichtstrahlen genau auf denselben Bahnen, auf denen sie von dem leuchtenden Punkt zu dessen Bild gegangen sind, auch rückwärts von dem Bild-Punkt zu dem Gegenstand-Punkt zurückkehren. (Fig. 1.) Bringt man den Gegenstand an den Ort des Bildes, so wird jetzt das Bild an dem früheren Ort des Gegenstandes entworfen. Dies ist das Gesetz der Umkehrbarkeit zwischen einfallendem und gebrochenem Strahl oder, genauer aus-

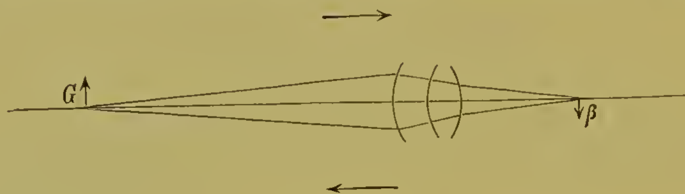


Fig. 1.

gedrückt, das Gesetz der zusammengehörigen Bildweiten bei lichtbrechenden Systemen aus centrirten Kugelflächen. (Vgl. Th. I, S. 167 und 207.)

Machen wir hiervon eine Anwendung auf das menschliche Auge.

A) Es sei ein menschliches Auge für eine kleine, leuchtende Fläche genau eingestellt, also ein scharfes, umgekehrtes Bild dieser Fläche auf der Netzhaut des Auges entworfen. Ein Theil dieses Lichtes. welches auf die Netzhaut gefallen ist, wird verschluckt, namentlich von dem schwarzen Pigment an der Aussenfläche der Netzhaut und in der Aderhaut; ein andrer Theil desselben Lichtes wird diffus, d. h. nach allen Richtungen, zurückgeworfen, da die Netzhaut auch undurchsichtige, also das Licht zurückwerfende Theile (rothe Blutgefässe, die weissliche Sehnerven-Scheibe) enthält und an ihrer Hinterfläche[2]) von einer ziemlich undurchsichtigen, nicht spiegelnden Schicht (Pigment-Epithel, Aderhaut, Lederhaut) bedeckt ist. Mittelst dieses zurückkehrenden Lichtes wird das lichtbrechende Werkzeug des Auges von der beleuchteten Netzhaut-Stelle ein Bild entwerfen, welches räumlich genau mit der ursprünglich leuchtenden Fläche zusammenfällt. Alles Licht, welches von der beleuch-

1) Vgl. Theil I, S. 197 (§ 27).

2) Ein gewisser Theil des mittelst des Augenspiegels sichtbaren Lichtes wird schon an der Vorderfläche der Netzhaut zurückgeworfen.

teten Netzhaut-Stelle her durch die Pupille aus dem Auge zurückkehrt, wird ausserhalb des Auges unmittelbar zu der leuchtenden Fläche zurückgehen und nicht neben ihr vorbeiwandern.

Was hat ein Beobachter zu thun, um von diesem auf vorgeschriebener Bahn zurückkehrenden Lichte, das wegen der Enge der Pupille ein schmales Bündel darstellt, etwas aufzufangen? Einschieben muss er sein eignes Auge zwischen Lichtquelle und Auge des Andren. Sofort wird aber, da der Kopf des Untersuchers undurchsichtig ist, der Einfall des Lichts in das zu untersuchende Auge völlig aufgehoben; es kann daher aus dem letzteren kein Licht zurückkehren. So geht es also nicht, man muss es anders versuchen.

B) Ist andrerseits das Auge des Untersuchten für die Pupille des Beobachters eingestellt, wird also gewissermassen ein scharfbegrenztes, dunkles Bild der Pupille des Beobachters auf der Netzhaut des untersuchten Auges entworfen; so muss der lichtbrechende Apparat des letzteren ein Bild dieser dunklen Stelle der Netzhaut grade auf die Pupille des Beobachters werfen. Des Beobachters Auge wird gewissermassen den Widerschein seiner eignen schwarzen Pupille in der fremden schauen.[1]) Also auch dieser Versuch führt nicht zum Ziel.

C) Soll eine Netzhaut-Stelle des beobachteten Auges, durch die Pupille hindurch, hell leuchtend uns erscheinen, so ist eine Bedingung erforderlich und ausreichend: es müssen auf dieser Netzhaut-Stelle des untersuchten Auges die von den brechenden Mitteln des letzteren entworfenen Bilder einer Lichtquelle und der Pupille des Beobachters sich decken; oder, wie man dasselbe mit andren Worten ausdrücken kann, in Richtung derjenigen graden Linie, welche die Pupillen-Mitte des Untersuchten mit der des Beobachters verbindet, muss Licht in das untersuchte Auge geworfen werden. Es muss scheinbar Licht vom untersuchenden Auge ausgehen und in's untersuchte Auge eindringen; dann kann umgekehrt von dem letzteren Licht in's erstere zurückkehren.

Hierzu genügt aber ein kleines Stück von unbelegtem Spiegel-Glas. Mit andren bedeutenden Erfindungen hat die des Augenspiegels das gemein, dass Grosses mit einfachen Mitteln geleistet wird.

Der Grundversuch von Helmholtz gestaltet sich also folgendermassen: Zwischen dem beobachtenden Auge A und dem unter-

---

1) Nur diejenige Netzhaut-Stelle des beobachteten Auges liegt vor seiner Seh-Achse, auf welcher das dunkle Bild seiner eignen Pupille sich abbildet.

suchten k (Fig. 2) befindet sich eine schräggestellte Plan-Glasplatte $S_1 S_2$, ein unbelegter Spiegel, welcher (nach dem Gesetz der Spiegelung) das von der Flamme L herkommende Licht gegen die Pupille des untersuchten Auges zurückwirft, und zwar derart, als käme es unmittelbar von l, dem Spiegelbild von L.[1]) Somit entsteht auf der Netzhaut des untersuchten Auges ein (mehr oder minder scharfes) Bild der Lichtflamme, eine kleine beleuchtete Fläche, in der

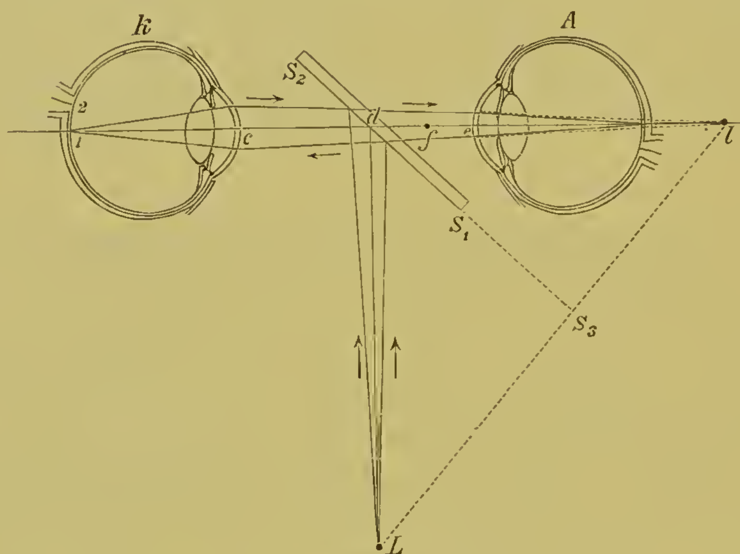


Fig. 2.

Nähe des Punktes 1. Die von dieser kleinen Fläche zurückkehrenden Strahlen gehen, sowie sie das untersuchte Auge verlassen haben, zurück in der Richtung auf l. Auf diesem Wege treffen sie die spiegelnde Platte $S_1 S_2$; hier wird ein Theil der zurückkehrenden Strahlen nach der Lichtquelle L zurückgeworfen, während ein andrer Theil durch die Glasplatte hindurchtritt und in das Auge des Beobachters A gelangt. Der Beobachter sieht die Pupille des untersuchten Auges röthlich leuchten und kann — unter Umständen sofort, meist aber erst, nachdem er sein Auge durch passende Gläser eingerichtet hat, — auch die Einzelheiten der beleuchteten Netzhaut-Stelle des Auges k deutlich wahrnehmen.

Somit beruht wirklich die Erfindung des Augenspiegels ganz allein auf der richtigen Erkenntniss, dass die Pupillen-Schwärze wesentlich nur von den Brechungs-Verhält-

---

1) l wird gefunden, wenn man von L ein Loth auf die Spiegel-Ebene $S_1 S_2$ fällt und dieses Loth um seine eigene Grösse verlängert: $LS_3 = S_3 l$. (Vgl. Th. I, S. 197, Z. 7.)

nissen des menschlichen Auges abhängt. Das Auge ist denselben physikalischen Gesetzen unterworfen, wie jedes beliebige lichtbrechende Werkzeug. Das Sammel-Glas einer allseitig geschlossenen Dunkelkammer erscheint, von vorn gesehen, schwarz: selbst dann, wenn als Schirm zum Auffangen des eindringenden Lichtes hinten ein weisses Blatt Papier (mit Schriftproben) angebracht ist.[1])

Hält man genau vor die Hornhaut eines weissen (albinotischen) Kaninchens einen dunklen Schirm mit kleiner, mittlerer Durchbohrung, die etwa die Grösse der Pupille (von 2—3 Mm.) besitzt, z. B. einen gewöhnlichen durchbohrten Augenspiegel, dessen spiegelnde Fläche dem untersuchten Auge zugekehrt ist; so erscheint die vorher roth-glänzende Pupille des Thieres auf einmal vollkommen schwarz, — weil jetzt der Schirm das seitlich einfallende Licht abfängt, welches vorher durch die dünne Leder-[2]) und die pigmentlose Ader-Haut in's Augen-

---

1) Ein Sammel-Glas von zwei Zoll Brennweite bildet den vorderen Abschluss einer metallischen, ausschraubbaren Röhre, den hinteren eine Metallplatte, welche an ihrer Innenseite ein aufgeklebtes Stückchen von weissem, bedrucktem Papier trägt. Die Vorderfläche des Glases wird mit einem undurchsichtigen Papier beklebt und nur ein centrales Loch (Pupille) von etwa 4 Mm. Breite frei gelassen. Es ist dies das einfachste künstliche Auge zur ersten Einübung der Handgriffe des Augenspiegelns. Wirft man mit Hilfe eines durchbohrten Spiegels Licht in diese Dunkelkammer, so kann man die Schriftproben lesen. Durch Aus-, bezw. Einschrauben der Röhre, lässt sich Kurz-, bezw. Uebersichtigkeit des untersuchten Auges nachahmen. Man kann natürlich auch ein Bild des menschlichen Augengrundes an der Innenseite der hinteren Metall-Platte befestigen. — Uebrigens lassen sich dazu auch die Ocular-Röhren der meisten Mikroskope gebrauchen, nachdem man das Ocular-Glas daraus entfernt, das Collectiv-Glas aber darin gelassen. Die Röhren sind meistens genau so lang, wie die Brennweite des Collectiv-Glases. (Helmholtz.) — Es sind ausserordentlich viele künstliche Augen zur Erlernung des Augenspiegelns angegeben und beschrieben worden. Ich will aber damit nicht nutzlos die besser auszunützenden Zeilen füllen. Wer die Augenspiegel-Kunst erlernen will, begebe sich zu einem Lehrer, der sie wirklich versteht und auch eine genügende Zahl von Fällen zu seiner Verfügung hat.

2) Setzt man einen Menschen mit einem pigment-armen, durch starke Kurzsichtigkeit verlängerten Auge so schräg gegen ein Bündel der durch das Fenster einfallenden Sonnenstrahlen, dass die letzteren auf die Lederhaut am Aequator auffallen, während Horn- und Regenbogen-Haut beschattet bleiben; so leuchtet die Pupille in röthlichem Glanze. Mit einem gewöhnlichen blauen Auge gelingt der Versuch nicht so gut, noch weniger mit einem braunen.

Bringt man im verdunkelten Zimmer einem Menschen mit gesunden Nebenhöhlen der Nase ein electrisches Lämpchen in den Mund, so strahlt rother Glanz aus den Pupillen. (Vohsen, Berl. klin. W. 1890, Nr. 12.)

Die Durchleuchtung des Augapfels oder einer Hervorragung desselben von aussen her, z. B. zum Nachweis einer festen Geschwulst, geschieht

Innere drang und den rothen Glanz der albinotischen Pupille bewirkte. (Donders.)

Dies ist das Wesentliche der Helmholtz'schen Theorie des Augenspiegels. Man kann wohl viel mehr, braucht aber nichts weiter darüber zu sagen.

Geschichtliche und praktische Bemerkungen.

I. Der Name Ophthalmoscop ist dem deutschen Werkzeug in Frankreich von einem Griechen beigelegt worden.

Das bahnbrechende Büchlein von Helmholtz, das 1851 zu Berlin herauskam, auf seinen 43 Seiten das wesentliche der ganzen Sache enthält und auch die volle Wichtigkeit derselben klarlegt, hat die einfache Ueberschrift: Beschreibung eines Augenspiegels. (Uebrigens bedeutete dieses Wort früher, z. B. im 16. Jahrhundert bei Zwingli, die Brille; so auch bildlich in Reuchlin's Streit-Schrift „der Augenspiegel“, Pforzheim 1511.)

Im Jahre 1854 erschien zu Paris eine Abhandlung mit der Ueberschrift „Nouvel ophthalmoscope par Anagnostakes“. Der Name Ophthalmoscop ist auch in Deutschland angenommen, und die Augenspiegel-Kunst als Ophthalmoscopie bezeichnet worden. (*ὀφθαλμός*, Auge; *σκοπός*, Späher.) In der älteren Literatur bedeutet übrigens Ophthalmoscopie die Untersuchung des Auges, zuerst im 17. Jahrhundert die physiognomische, sodann im 19. Jahrhundert die objective. (Himly I, 16, 1817; Desmarres, 1, 1856.) Cramer hatte 1851 sein Werkzeug zum Studium der von der Krystall-Linse gespiegelten Bilder gleichfalls Ophthalmoscop genannt. (Tydschr. d. M. vor Geneeskunde, 1851, W. 11.)

II. Die Vorgeschichte der Entdeckung des Augenspiegels hat Helmholtz selber in seinem Büchlein (S. 8 fgd.) kurz angedeutet und in seiner physiol. Optik (S. 189 der ersten, S. 228 der zweiten Auflage) weiter ausgeführt. Eine noch ausführlichere Darstellung giebt Mauthner. (Ophthalmoscopie, 1868, 1. Kap.)

Das Augen-Leuchten der Katze (und andrer Thiere, welche im Augen-Grund ein glänzendes Tapet besitzen,) war schon seit dem Alterthum bekannt;[1]) erhielt aber erst im neunzehnten Jahrhundert

---

entweder mit Hilfe eines Sammel-Glases (Hirschberg, Kl. M. f. A. 1868, S. 164) oder mittelst eines lichtleitenden Glas-Stabes, oder am besten, nach v. Reuss, mit einem besonderen electrischen Lämpchen. (W. klin. W. 1889, Nr. 15.) — Wir haben auch Röntgen-Bilder von Geschwülsten im Auge gewonnen.

1) Nocturnorum animalium, sagt Plinius (nat. h., l. XI, c. 37, § 151), veluti felium, in tenebris fulgent radiantque oculi. Wenn er aber hinzufügt,

u. Z.-R. die richtige Deutung, als Zurückstrahlung eingedrungenen Lichtes.

Das Leuchten albinotischer Menschen-Augen, wohl zweifellos früher beobachtet, ist erst 1796 von Fermin beschrieben, dann ziemlich abenteuerlich 1812 von Sachs und 1818 von Treviranus geschildert; ferner 1839 von Behr auch das Leuchten bei vollständigem Iris-Mangel. Das Sichtbarwerden der vorgeschobenen Netzhaut hatte J. Beer schon 1817 als amaurotisches Katzen-Auge dargestellt.

Cumming und Brücke fanden 1846/7, dass auch gesunde (nicht albinotische) menschliche Augen leuchtend erscheinen, wenn der Beobachter nahezu parallel zu den von einer Lichtflamme her einfallenden Lichtstrahlen in das Auge hineinblickt.

Brücke erwähnt eine zufällige Beobachtung des Studenten C. von Erlach. Dieser trug eine Concav-Brille und fand die Augen eines Bekannten leuchten, wenn letzterer in den Gläsern der Brille das in dem Zimmer befindliche Licht gespiegelt sah.

Schon im Anfang des 18. Jahrhunderts (1704) hatte Mery bei einer Katze, die er unter Wasser getaucht, die Netzhaut-Gefässe gesehen, und de la Hire sofort (1705) die Erscheinung aus der veränderten Licht-Brechung abgeleitet.[1])

---

lucemque jaculantur, so hat er einen seltsamen Irrthum ausgesprochen, der erst im letzten Jahrhundert aufgeklärt worden ist: durch Prévost, welcher die Zurückstrahlung des Lichtes betonte, durch Rudolphi, der in dem glänzenden Tapet die Ursache der Erscheinung fand, und durch Johannes Müller.

1) Hierauf beruht das Verfahren von Coccius (Ueber die Ernährungsweise der Hornhaut, Leipzig 1852, S. 112): „Das sanfte Anlegen einer Glasplatte mit einem Tropfen Wasser an die Hornhaut genügt [bei tapet-haltigen Augen und denen der weissen Kaninchen und Albino's], um die Netzhaut deutlich zu sehen."

Ich selber habe 1882 (Arch. f. Physiol. S. 901, C. Bl. f. A. 1882, S. 504) so die Refraction des lebenden Fisch-Auges unter Wasser bestimmt: ich bedecke den pupillaren Hornhaut-Bereich des Hecht-Auges mit Wasser, ein Tröpfchen genügt, und lege darauf ein Stückchen von einem Deckglas für mikroskopische Präparate, beleuchte mit dem Augenspiegel und sehe mit Ueberraschung, wie ausserordentlich viel besser der optische Apparat des Fisch-Auges in Wasser, als in Luft, arbeitet.

Bellarminoff (Berlin. m. W. 1888, Nr. 48, C. Bl. f. A. 1888, S. 362) hat dieses Verfahren auch auf das cocaïnisirte Menschen-Auge angewendet. Das Sehen des Augengrundes ist zwar sehr leicht, aber die Vergrösserung recht unbedeutend.

Helmholtz war der erste, welcher 1851 den Zusammenhang zwischen den Richtungen der einfallenden und der austretenden Strahlen sich klar gemacht, den wahren Grund für die Schwärze der Pupille erkannt und — den Augenspiegel erfunden hat.[1])

Rüte hat gleich darauf (1852) durchbohrte Concav-Spiegel zur Beleuchtung und Convex-Linsen zur Betrachtung verwendet. Helmholtz hat zuerst das aufrechte Netzhautbild bearbeitet, das umgekehrte nur angedeutet. Die genauere Bearbeitung des umgekehrten Netzhaut-Bildes verdanken wir Rüte. (Der Augenspiegel und das Optometer, Göttingen 1852, 32 S.)

Vor Kurzem hat A. König[2]) die massgebenden Abhandlungen von E. Brücke, W. Cumming, H. Helmholtz[3]) und Th. Rüte neu abgedruckt in einem handlichen Büchlein, das jedem wissenschaftlichen Fachgenossen, insbesondere aber den Lehrbuch-Verfassern empfohlen werden kann.

III. Wenn es noch nöthig wäre nachzuweisen, wie beschränkt die Vorschau auf wissenschaftlichem Gebiete ist; so möchte ich hier daran erinnern, dass 1841 der geistreiche Philipp von Walther erklärt hatte, „die Vorstellung, dass man die Aderhaut (beim lebenden Menschen) sehen könne, habe etwas abenteuerliches, ja schreckhaftes“.[4]) Anders

---

1) Etwa ein Jahr vor seinem Tode, im Herbst 1893, hat Helmholtz, als Gast des Prof. Knapp, vor dessen Schülern die Geschichte seiner Entdeckung des Augenspiegels erörtert. Mit seiner bekannten Bescheidenheit hob er die voraufgehenden Beobachtungen Andrer über das Augenleuchten, namentlich auch die von Erlach's, hervor, um in einem Schlusswort sein eignes „geringes“ Verdienst zusammenzufassen. „Das Neue, was ich für mich in Anspruch nehmen durfte, war die Lösung der Frage, wie die optischen Bilder des Augengrundes wahrnehmbar gemacht werden konnten. Alle meine Vorgänger hatten diese Frage vergessen und waren mitten auf dem Wege stehen geblieben. Sobald ich mir diese Frage gelöst, war die Herstellung eines Augenspiegels gegeben, und es bedurfte nur zweier Tage, um mit demselben glückliche Versuche anzustellen . . . Und damit, meine Herren, ist die Geschichte aus.“ (C. Bl. f. A. 1894, S. 93; nach Med. Record, 1893, 16. Dez.)

2) Das Augenleuchten und die Erfindung des Augenspiegels, Hamburg und Leipzig, 1893, 154 S.

3) Von Helmholtz finden sich die folgenden Abhandlungen:

a) Die Sonderschrift über den Augenspiegel, 1851;

b) eine Abhandlung über die einfachste Form des Augenspiegels, Arch. f. physiol. Heilkunde, 1852.

4) Die Lehre vom schwarzen Star, Berlin 1841, S. 63. (Aus dem Journ. f. Chir. u. Augenheilk. XXX.)

schon Kussmaul, 1845:[1]) nachdem er auseinander gesetzt, dass der Augengrund für gewöhnlich schwarz erscheint, weil die Beleuchtung in der Augapfel-Höhle schwach, und die Netzhaut in der Brenn-Ebene der lichtbrechenden Medien gelegen sei, versuchte er sofort durch eine planconcave Glas-Linse, deren Concavität nach dem Krümmungs-Halbmesser der Hornhaut ausgehöhlt war, die Eintritts-Stelle des Sehnerven und den Augengrund sich zur Anschauung zu bringen, — aber ohne jeden Erfolg.

1851 hat Helmholtz uns diesen Anblick geschenkt und dadurch eine neue Zeit der Augenheilkunde begründet.

IV. Alle andren Spiegel der Art (Ohr-, Kehlkopf-, Nasen-, Blasen-Spiegel u. dgl.) sind erst nach Helmholtz's Augenspiegel eingeführt worden. Keiner der ersteren vermochte den letzteren zu erreichen, geschweige denn zu übertreffen. Das liegt in der Natur der Sache, in der Durchsichtigkeit des Auges.

Übrigens hatte Helmholtz selber 1851 (S. 13) die Besichtigung des Trommelfells u. dgl. bereits angedeutet.

V. Zum Schluss dieser Einleitung noch ein Paar Worte über die Handhabung und die Leistungsfähigkeit des Augenspiegels.

A. Man pflegt das alte Sprichwort, dass der erste Schritt der schwierigste sei, auch auf die Erlernung der Augenspiegel-Kunst anzuwenden. Das war auch ganz richtig für die Anfang-Zeit, als die Methode noch nicht genügend ausgebildet worden; als der standhafte Beobachter, wenn es ihm endlich glückte, den Sehnerven zu erblicken, voll Entzücken den Spiegel gegen die Decke warf.[2]) Heutzutage kann der erfahrene Lehrer dem Schüler sofort in der ersten Stunde den Sehnerven zur Anschauung bringen. Alles gröbere ist leicht zu sehen, nur bei der Beurtheilung des feineren beginnt und wächst die Schwierigkeit. Grade hier passt das Wort des alten Goethe:[3]) „Aller Anfang ist leicht, und die letzten Stufen werden am schwersten und seltensten erstiegen.“

B. Jetzt, an der Wende des Jahrhunderts, scheint es geboten, über die wirkliche Leistungsfähigkeit des in der Mitte des vorigen Jahrhunderts erfundenen Augenspiegels ein unbefangenes

1) In der akademischen Preis-Schrift, die er als Heidelberger Student veröffentlicht: „Die Farbenerscheinungen im Grunde des menschlichen Auges“, Heidelberg 1845, 106 S. (Vgl. S. 28—30.)

2) Vgl. C. Bl. f. A. 1898, S. 224.

3) Wilhelm Meister's Wanderjahre I, 4. (Goethe's sämmtl. W. in 30 B., B. 16, S. 30, Stuttgart 1858.)

Urtheil zu fällen. Eduard v. Jäger, einer der grössten Künstler auf dem Gebiet des Augenspiegels, hat nach 24jähriger Beschäftigung mit demselben offen bekannt, dass er von dieser Erfindung anfänglich einen bedeutend grösseren Erfolg in Bezug auf praktische Verwendung und wissenschaftliche Ausbeute erwartet hatte.[1]) Dieser pessimistischen Anschauung kann ich heute, nach nahezu 50jähriger Wirksamkeit des Augenspiegels und nach 34jähriger eigner Beschäftigung mit demselben, nicht beitreten. Allerdings A. v. Graefe's optimistischer Jubel-Ruf[2]) aus dem Jahre 1851, „Helmholtz hat uns eine neue Welt erschlossen", muss bei aller Zustimmung dennoch heutzutage kritisch ergänzt werden durch die Bemerkung,[3]) dass nicht alle weitgehenden Hoffnungen sich erfüllt haben. Immerhin liegt die Sache so, dass der Augenspiegel dem aufmerksamen und erfahrenen Beobachter mehr Thatsachen liefert, als er zur Erkenntniss und Heilung der Augenkranken verwerthen kann. Mit dem überwältigenden Reichthum der Augenspiegel-Befunde ist weder die Anatomie, welche die erschöpfende Diagnose sichert, noch die Therapie, welche unsren eigentlichen Endzweck darstellt, gleichen Schritt einzuhalten im Stande gewesen. Eines aber soll man nicht vergessen, dass der Augenspiegel sogar noch weit über das beschränkte Gebiet der Augenheilkunde hinausreicht und helles Licht über die dunkelsten Gebiete der allgemeinen Heilkunde verbreitet.

---

2. Wenn wir sofort zu der praktischen Anwendung des Augenspiegels übergehen, so müssen wir zwei Arten der Beleuchtung und zwei Arten der Betrachtung des Augengrundes unterscheiden.

A) Zur Beleuchtung kann die nothwendige Zweitheilung des Lichtes, welches in das untersuchte Auge eindringt, und ebenso desjenigen Antheils, welcher aus ihm zurückkehrt, in doppelter Weise bewerkstelligt werden:

a) Bei der beschriebenen Art der Beleuchtung, wie entweder eine unbelegte Plan-Glasplatte oder (in dem ursprünglichen Augenspiegel von Helmholtz) ein Satz von 2, 3 oder 4 solchen Plan-Glasplatten sie liefert, wird gewissermassen jedes unendlich dünne Strahlenbündel des aus dem erleuchteten Auge zurückkehrenden Lichtes in zwei Theile gespalten, von denen der eine zur

1) Ergebnisse der Untersuchung mit dem Augenspiegel, Wien 1876. S. 3.
2) Vgl. E. Michaelis, A. v. Graefe, sein Leben und Wirken, Berlin 1877.
3) Theil I, S. 83.

Lichtquelle, der andre zur Pupille des Beobachters weitergeht, z. B. *cd* in *dL* und *dl*, Fig. 2, S. 4.

b) Man kann aber auch das ganze, von einem Punkte der erleuchteten Netzhaut-Stelle zurückkehrende, homocentrische Strahlenbündel in zwei kleinere von endlichem Breiten-Durchmesser zerspalten, von denen das eine zur Pupille des Beobachters, das andre zur Lichtquelle hingelangt. Dies erzielt man (nach Rüte, 1852) mittelst metallischer, in der Mitte durchbohrter Spiegel, mögen sie eben oder ausgehöhlt (oder erhaben) sein, mögen sie aus belegtem Glas oder aus Stahl oder aus Spiegel-Metall bestehen. (Fig. 3. *L*, Gegend der Lichtquelle; *K* des untersuchten, *A* des untersuchenden Auges, S_1 S_2 Spiegel. Das Bündel *tuvw* gelangt in die Pupille des Beobachters.)

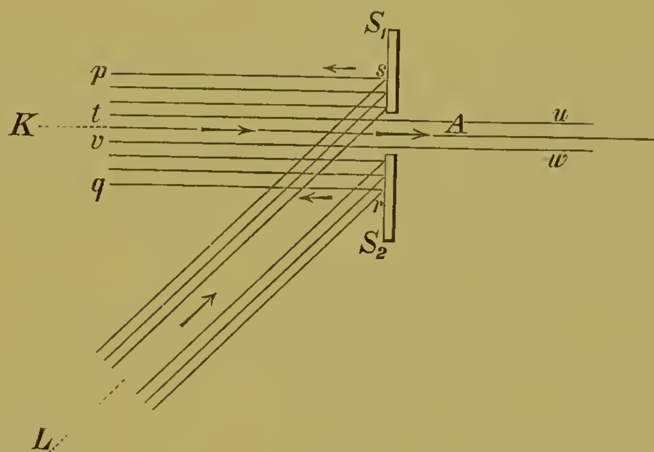


Fig. 3.

B) Zur genaueren Betrachtung des Augengrundes besitzen wir zwei Anordnungen: die des aufrechten und die des umgekehrten Bildes, die zur genauen Untersuchung beide gleich unentbehrlich sind.

a) Um zunächst nur ein einfaches Beispiel zu wählen, wollen wir annehmen, dass in Fig. 2 (S. 4) das Auge des Untersuchten *k* für die Entfernung *cl* eingerichtet, d. h. kurzsichtig; dasjenige des Untersuchers *A* für unendlich ferne Gegenstände, d. h. für parallele, homocentrische Strahlen-Bündel eingerichtet, also normalsichtig (emmetropisch) sein möge. Das von einem Punkte der beleuchteten Netzhaut-Stelle des untersuchten Auges zurückkehrende Strahlenbündel convergirt ausserhalb dieses Auges nach dessen Fernpunkt *l* hin; folglich muss vor *A* (zwischen *d* und *e*, etwa im Punkte *f*) ein concaves Brillen-Glas angebracht werden, ungefähr von der Brennweite *fl*: dieses wird das nach *l* hin convergirende Strahlen-Bündel so zerstreuen, dass es, wie gefordert wird, als paralleles Bündel auf *A* fällt. (Vgl. Fig. 4.)

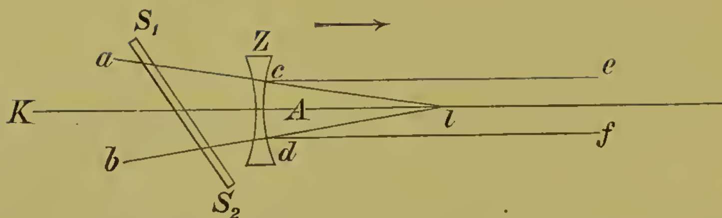


Fig. 4.

Das Strahlenbündel *abl*, welches aus dem untersuchten Auge *K* austritt und nach dem Punkt *l* zusammenläuft, wird durch das Zerstreuungs-Glas *Z*, dessen Haupt-Zerstreuungspunkt in *l* liegt, umgewandelt in das gleichlaufende[a] Strahlenbündel *cdef*, welches (nach der Voraussetzung) von dem untersuchenden Auge *A* aufgenommen werden kann. (Vgl. Th. I, S. 90, F. 30, unt. Pfeil.)

a) parallele.

Es ist klar, dass eine vollständige Sammlung von Brillen-Gläsern nothwendig ist, um jeden der so verschiedenen Fälle zu beherrschen und namentlich, — um den Augenspiegel zu einem Messwerkzeug auszugestalten, mit dem wir objectiv die Fernpunkt-Einstellung des untersuchten Auges genau zu messen im Stande sind. Es ist ferner klar, dass in dem gewählten Beispiele das so von *A* aufgenommene Bild der Netzhaut des untersuchten Auges *k* ein aufrechtes ist; denn, um von der Fixation des Netzhaut-Punktes 1 zu der des thatsächlich höher gelegenen Punktes 2 überzugehen, muss *A* seine Blick-Achse heben. (Fig. 2, S. 4.) [Dies nennen wir ein aufrechtes Bild, wie wir es z. B. auch mit einem Galilei'schen Fernrohr (Opernglas) gewinnen. Natürlich liegt in dem Netzhaut-Bild des Beobachters *(A)* der Punkt 2 des Bildes tiefer, als 1!]

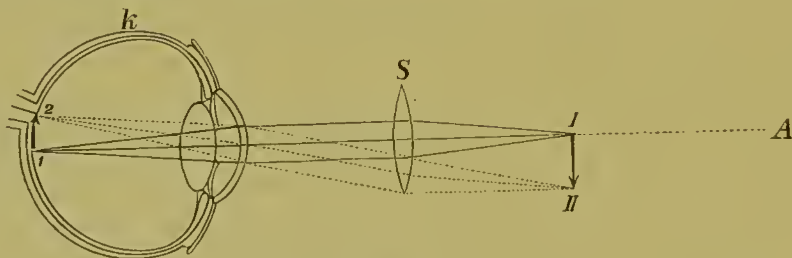


Fig. 5.

b) Das zweite Verfahren der Augenspiegelung liefert ein umgekehrtes Bild der untersuchten Netzhaut. (Fig. 5.) Man bringe dicht vor *k* eine starke Sammel-Linse an (*S*, von etwa 2 Zoll = 5 Ctm. Brennweite); diese giebt ein Bild *I II*, welches in Beziehung auf die beleuchtete Netzhaut-Stelle *2 1* verkehrt ist, gleichgiltig, ob das untersuchte Auge kurz-, über- oder normalsichtig war. Das reelle Luft-

bild *I II* wird, aus passender Entfernung, von dem (mit dem Spiegel bewaffneten) Auge *A* des Beobachters betrachtet.

Aus dem Gesagten wird verständlich, welche Theile zu einem brauchbaren Augenspiegel gehören: nämlich erstens ein Spiegel (oder zwei, ein licht-schwächerer und ein licht-stärkerer); ferner zwei Sammel-Linsen für das umgekehrte Bild, etwa von 2 und von 3 Zoll Brennweite (und von 1—1 $^1/_2$ Zoll Breite); endlich eine Sammlung von Brillen-Gläsern, wie sie von den verschiedenen Menschen-Augen zum Fernsehen gebraucht werden. Die Erfahrung hat gelehrt, dass, je nach dem Grade von Genauigkeit, den man erzielen will, mindestens 12 und höchstens 24 erforderlich sind, welche etwa zwischen convex 2 Zoll und concav 2 Zoll Brennweite ($\pm$ 20 *D*) passend abgestuft werden müssen.[1])

1) Der einfachste Augenspiegel von Helmholtz (Archiv für physiol. Heilk. 1852), welcher nur aus einer Sammel-Linse von etwa $1^1/_2$ Zoll Brennweite besteht, hat zwar keinen Eingang in die Praxis gewonnen, ist aber doch von theoretischer Wichtigkeit.

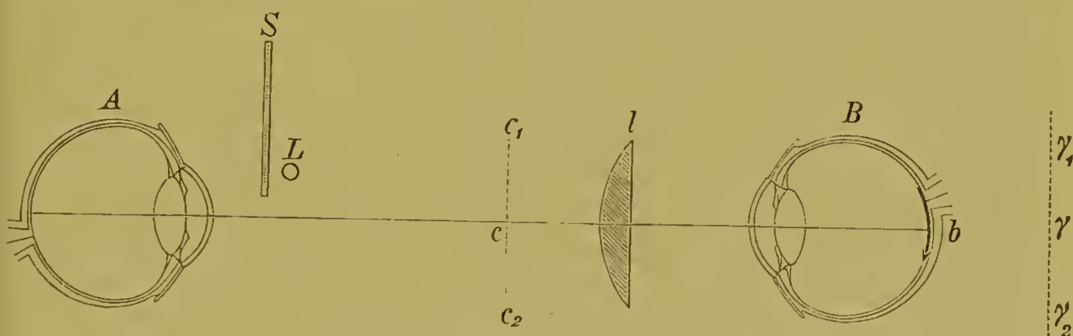


Fig. 6.

Es sei (Fig. 6) *A* das Auge des Beobachters, *S* ein undurchsichtiger Schirm, *L* eine Lichtflamme, *B* das Auge des Beobachteten. Ist *B* für *L* genau eingerichtet, so kehrt alles Licht, welches aus *B* wieder austritt, nach *L* zurück. Das neben dem Rande des Schirmes vorbei visirende Auge *A* sieht kein Leuchten der Pupille von *B* (oder höchstens eine Spur). Ist aber *B* für den beträchtlich näheren Punkt *c* accommodirt, so entsteht von *L* in der Netzhaut von *B* ein grösserer, erleuchteter Zerstreuungskreis; das von dieser erleuchteten Netzhaut-Stelle durch die Medien von *B* entworfene Bild liegt in der Ebene von *c* und kann von *A* wahrgenommen werden; jedenfalls sieht *A* jetzt die Pupille von *B* leuchten. (Brücke's Methode.) — Es sei *B* nahezu emmetropisch und blicke nach einem sehr fernen Punkte *D*. Eine Sammel-Linse von etwa $1^1/_2$ Zoll Brennweite stehe $1-1^1/_4$ Zoll vor *B*. Ein von *L* auf *l* fallendes Strahlen-Bündel wird durch *l* stark convergent gemacht, und bewirkt auf der Netzhaut von *B* einen grossen erleuchteten Zerstreuungskreis. Das von einem Punkte der gesammten beleuchteten Netzhaut-Fläche zurückkehrende Strahlenbündel verläuft ausserhalb des Auges *B* als nahezu

Jetzt kann ich zur Besprechung der verschiedenen Einzel-Apparate übergehen, wobei ich im Grossen und Ganzen der geschichtlichen Entwicklung folgen, aber dasjenige, was gar keinen praktischen Werth mehr hat,[1]) mit Stillschweigen übergehen werde.

3. Die Rüstkammer des Augenspieglers.

Das ursprüngliche Muster von H. Helmholtz (1851) ist nicht blos ehrwürdig wegen seines Alters und Verdienstes, sondern auch in optischer Hinsicht so vollendet, dass es sehr erwünscht gewesen wäre, wenn alle Verfertiger der neueren Spiegel jenes mehr vor Augen gehabt hätten.

Der aus (3 oder 4) einfachen, unbelegten Plan-Glasplatten bestehende Spiegel ist schräg[2]) gestellt gegen die Seh-Achse des Untersuchers, so dass die letztere mit der Haupt-Achse der Hilfsgläser zu-

---

paralleles Bündel, wird also durch l in dessen Brennebene c_1c_2 zu einem punktförmigen Bilde vereinigt. Die Linse l entwirft von der ganzen erleuchteten Netzhaut-Stelle ein umgekehrtes reelles Bild in c_1c_2, welches der Beobachter betrachten kann, wenn Ac seiner deutlichen Sehweite entspricht. — Statt der Sammel-Linse l kann man auch eine Zerstreuungs-Linse von kurzer Brennweite (etwa 2—3 Zoll) vorhalten. Das von einem Punkte der erleuchteten Netzhaut-Stelle austretende, ausserhalb des Auges B parallele Strahlen-Bündel wird von der Zerstreuungs-Linse so zerstreut, als käme es aus der Brenn-Ebene $\gamma_1\gamma_2$ der letzteren. A kann dieses aufrechte, virtuelle Bild betrachten, wenn $A\gamma$ seiner deutlichen Sehweite entspricht. Wenn l von sehr kurzer Brennweite, ist die Refraction von B gleichgiltig. — Ob Schirm und Lampe, oder durchbohrter Spiegel und Lampe angewendet wird, ist theoretisch (und für den Geübten auch praktisch) dasselbe. Folglich ist Stilling's Orthoskopie des Augengrundes (Klin. M. B. f. A. 1879) nicht verschieden von Helmholtz's einfachstem Augenspiegel. (Auf demselben Grundsatz beruht auch Schweigger's electrisch glühende Platin-Oese, welche dicht vor B angebracht wird.)

Ist B stark ametropisch, z. B. übersichtig durch Fehlen der Krystall-Linse; so wird das Netzhaut-Bild $\gamma_1\gamma_2$ bequem sichtbar, besonders wenn l zur Sammlung des Lichtes benutzt, also seitlich auf der Geraden bL angebracht wird. Dies folgt aus dem Gesagten, ist lange bekannt und wieder von Haltenhoff, Stilling, Samelsohn u. A. beschrieben.

1) Multa renascuntur. Im Jahre 1852 beschrieb Rüte (a. a. O., S. 24) den Augenspiegel von Ulrich, aus 2 rechtwinkligen Prismen, von denen das untere zur Beleuchtung, d. h. für die eintretenden Strahlen, dient; das obere zur Betrachtung, d. h. für die austretenden Strahlen. — Eine ähnliche Art der Theilung des Lichts ist 1882 von Fr. Fuchs u. 1899 von W. Thorner für die Augen-Spiegelung verwendet worden. Wir werden darauf noch zurückkommen.

2) 4 Platten unter einem Einfallswinkel von 56° verstärken das austretende Licht, das durch diffuse Reflexion an der Netzhaut depolarisirt ist, und vermindern das störende, polarisirte Licht des Hornhaut-Reflexes.

sammenfällt. (Vgl. Fig. 4, S. 12, wo *A* dicht hinter *Z* steht, und die grade Linie *I K* einerseits Seh-Achse des Arztes, andrerseits Haupt-Achse des Glases *Z*; S_1 S_2 aber den schräg gestellten Spiegel bedeutet.) Die Hilfsgläser sind zwar bescheiden an Zahl, aber gut gearbeitet, gross, sicher in einer (hinter dem Spiegel angebrachten) kurzen Röhre zu befestigen; das untersuchende Auge ist durch ein kelchartiges Ansatzstück an der Hinterseite des Werkzeuges sehr gut gegen Seiten-Licht geschützt. In andren von Herrn Rekoss zu Königsberg (1852) verfertigten Ausgaben des Helmholtz'schen Augenspiegels sind auf 2 übereinander drehbaren Scheiben[1]) die Hilfsgläser, 8 an der Zahl, befestigt.[2])

Trotz der in physikalischer Hinsicht vollendeten Einrichtung des Helmholtz'schen Spiegels, den noch heute jeder geübte Beobachter mit Vortheil verwenden kann, fanden im Beginne der Augenspiegel-Zeit, als die Kunst der Untersuchung noch nicht ausgebildet worden, die Aerzte meist so erhebliche Schwierigkeiten bei seiner Handhabung, dass sie die Erfindung von Rüte's Augenspiegel (1852) mit Freuden begrüssten.[3]) Rüte's Werkzeug besteht aus einem in der Mitte durchbohrten Hohlspiegel von 3 Zoll Breite und 10 Zoll Brennweite,[4]) der auf einer senkrechten Säule befestigt ist. Von der

---

1) „Der Wechsel der verschiedenen Concavgläser war lästig und erschwerte die Beobachtung. Herr Rekoss hat jetzt diese Gläser in zwei drehbare Scheiben eingesetzt, welche an dem Gestelle des Instrumentes so befestigt sind, dass beim Drehen derselben die verschiedenen Gläser nacheinander vor das Auge treten. Jede Scheibe enthält ein freies Loch und vier Concavgläser, die eine Nr. 6—9, die andere Nr. 10—13, so dass jedes dieser Gläser einzeln, oder gleichzeitig eines von den niederen und eines von den höheren vor das Auge treten kann" . . . Helmholtz 1852. — Rekoss, der Gehilfe von Helmholtz, in Königsberg, ist also der Erfinder der sogenannten Drehspiegel-Ophthalmoscope[a]) mit einer wie mit zwei Scheiben, also überhaupt der neueren Augenspiegel. „Kennen Sie meinen Neffen in New-York, den Erfinder des Augenspiegels?" fragte mich auf dem Schiff ein Amerikaner. „Gewiss," erwiderte ich, „aber in Europa nennen wir ihn Helmholtz." — „Der Augenspiegel verdient eine französische Erfindung zu sein," sagte ein — Franzose.

a) Revolver-Ophthalmoscope.

2) Follin in Paris hat zwei Augenspiegel — erfunden; der erste ist ein Helmholtz'scher auf einem festen Gestell, der zweite eine unbedeutende Abänderung des „grossen Liebreich".

3) Die Helligkeit der Netzhaut-Bilder ist, unter Benutzung derselben Lichtflamme, nahezu viermal so gross bei Rüte's, wie bei Helmholtz's Spiegel.

4) In dem von mir angegebenen und benutzten Exemplar (vgl. C. Bl. f. A. 1879, S. 172) hatte die Convex-Linse eine Brennweite von drei Zoll und eine ziemlich beträchtliche Apertur. Das von dem geübten Beobachter ein-

letzteren gehen zwei wagerechte Arme aus, auf denen mittelst senkrechter Stangen einerseits ein Gestell für Sammel- oder Zerstreuungs-Gläser befestigt ist, andrerseits ein Metallschirm zur Abblendung des Seiten-Lichtes. Es ist ein feststehender Augenspiegel, sowohl für das aufrechte wie für das umgekehrte Bild geeignet, und wegen seiner Einfachheit und Uebersichtlichkeit vor ähnlichen, die im Laufe der Zeit vielfach verfertigt sind, vortheilhaft ausgezeichnet. Der bekannteste feststehende Augenspiegel ist der grosse von Liebreich (1861), ein neuerer der von Engelhardt (1878); bei beiden sind Spiegel und Sammel-Linse für das umgekehrte Bild in einer geschlossenen Metall-Röhre befestigt.

Feststehende Augenspiegel haben zur Zeit hauptsächlich nur einen erziehlichen Werth. Dem geübteren Beobachter erleichtern sie nicht das Finden, — nicht einmal das Zeichnen. Da der zu untersuchende Gegenstand, der Hintergrund des Auges, in der augenärztlichen Thätigkeit, ja auch meistens beim Thierversuch, beweglich ist; so muss auch der Beobachter mit seinem Werkzeug jenen Bewegungen bequem folgen können, d. h. der Augenspiegel muss beweglich sein. Höchstens bei gut befestigten Thieren oder bei sehr ruhigen Menschen mit weiter Pupille mag der befestigte Augenspiegel annähernd gleichwerthig sein. Ist aber der letztere einmal für einen einigermassen ruhigen Menschen eingestellt, so kann allerdings auch der ganz Ungeübte leicht beobachten, namentlich im umgekehrten Bilde, wenn der Durchmesser der Sammel-Linse recht gross ist. Ferner ist eine objective Messung der Einstellung des untersuchten Auges, sowie der linearen Grösse des Bildes von einzelnen Netzhaut-Theilen, z. B. vom Sehnerven-Querschnitt, bequem auszuführen.[1])

---

mal eingestellte Bild eines ruhig gehaltenen Auges mit weiter Pupille konnte sehr leicht von einem ungeübten Beobachter wahrgenommen werden. Manche neue Erfinder feststehender Augenspiegel rühmen dies von ihrem Werkzeug, ohne zu berücksichtigen, dass dieser Vorzug auch schon dem alten von Rüte zukam.

1) Die Mikrometrie des Augengrundes lässt sich mit dem Rüte'schen Spiegel in doppelter Weise herstellen: 1. Auf dem wagerechten Brett hinter der Stange, welche den Spiegel trägt, kann eine Millimeter-Theilung angebracht werden und hinter dem Loch des Hohlspiegels ein kleiner, schräg gestellter Plan-Spiegel (Plan-Glasplatte), wodurch ein virtuelles Spiegelbild der Theilung in der Ebene des (reellen und virtuellen) Netzhaut-Bildes entworfen wird. Rüte brachte (1852) den Maass-Stab in einer Entfernung von 10 Zoll an, die für ihn die des deutlichen Sehens war, senkrecht unter dem Glasplättchen. Andre Beobachter müssten andre Entfernungen passend wählen, oder mit der Theilung ein bewegliches Lupenglas verbinden, welches

Der Augenspiegel von Coccius in Leipzig [1853, eigentlich schon 1852 von H. Helmholtz[1]) angegeben,] der auch in der von Graefe'schen Klinik vielfach benutzt wurde, besteht aus einem kleinen, belegten, in der Mitte durchbohrten Plan-Spiegel an einfachem Handgriff und einer seitlich an diesem befestigten convexen Beleuchtungs-Linse. Für das umgekehrte Bild wird ein Sammelglas von 2—3 Zoll Brennweite dem untersuchten Auge freihändig vorgehalten. Für das aufrechte Bild werden Hilfsgläser (auf mehreren verschiebbaren, rechteckigen Rähmchen) hinter dem Spiegel-Loch angebracht. Der Beobachter kann auch bei dieser Einrichtung nahezu senkrecht durch die Hilfsgläser blicken und scharfe Netzhaut-Bilder gewinnen. Neuerdings hat Coccius sehr zierliche Ausgaben seines Spiegels veranstaltet.[2])

---

dem Bilde der Theilung in jedem Falle die gewünschte Entfernung von dem Plan-Spiegelchen verleiht. (Landolt hat im Archiv für Ophth. XXIII, 1, S. 262, 1877, dieselbe Mikrometrie beschrieben. Er machte die Theilung weiss auf schwarzem Grunde, damit das von ihr kommende Licht nicht das vom Augengrund zurückkehrende übertöne.) 2. Zwischen der Convex-Linse für das umgekehrte Bild und zwischen dem Concav-Spiegel kann am Rüte'schen Spiegel (vgl. Hirschberg, C. B. für Augenheilk. Juni 1879) bequem ein Objectiv-Mikrometer, d. h. eine dünne Plan-Glasplatte mit Millimeter-Theilung, angebracht werden, welche jedesmal an den Ort des reellen Bildes der Netzhaut geschoben wird. Hierdurch ist, da die beiden wagerechten Stangen Millimeter-Theilung erhalten haben, gleichzeitig die Einstellung des untersuchten Auges mit einiger Annäherung objectiv festgestellt. — Vgl. übrigens Schneller, ein Mikrometer am Augenspiegel, A. f. O. III, 2, 121, 1857.

1) Archiv für physiolog. Heilk. XI, Ergänzungsheft, S. 836, 837. „Rüte's Hohlspiegel kann ohne Schaden durch einen gewöhnlichen ebenen Glas-Spiegel ersetzt werden, in dessen Quecksilber-Belegung man ein Loch von der Grösse der Pupille für den Beobachter zum Hindurchsehen angebracht hat. Stellt man übrigens zwischen Flamme und Spiegel eine Sammel-Linse auf, so kann man die Flamme beliebig vergrössern. Linse und Planspiegel zusammen vertreten die Stelle des Hohlspiegels."

2) Dass zu breite Spiegel überflüssig, ja schädlich sind, hatte Helmholtz 1852 bereits genügend auseinandergesetzt. „Von dem Lichte, welches der Hohlspiegel sammelt, muss bei Rüte's Instrument das meiste verloren gehen. Die Convex-Linse entwirft durch Concentration des von dem Spiegel kommenden Lichtes auf der Oberfläche des Auges ein Bild, welches nach den von Rüte angegebenen Dimensionen seines Instrumentes mindestens 5 Linien im Durchmesser haben muss. Davon kann nur der kleinste Theil durch die viel engere Pupille hindurchtreten. Ja, es möchte die Zuleitung überflüssigen Lichtes durch den Hohlspiegel nicht einmal ganz unschädlich sein, da die Licht-Reflexe an den beiden Oberflächen der Convex-Linse und an der Hornhaut desto störender werden, je mehr Licht nach dem Auge hingeworfen wird."

Der Augenspiegel von Epkens-Donders ist feststehend, hat gleichfalls eine convexe Beleuchtungs-Linse, einen durchbohrten Plan-Spiegel und Rekoss'sche Scheiben für das aufrechte Bild; ausserdem besitzt er ein Objectiv-Mikrometer, nämlich gegeneinander gerichtete, bewegliche, dicht vor der Flamme befindliche Metall-Spitzen, deren Schatten auf der untersuchten Netzhaut sichtbar werden.

Studirende und praktische Aerzte haben bisher bei uns, und auch auswärts, hauptsächlich einen kleinen, beweglichen Spiegel angewendet, der in den Kursen der v. Graefe'schen Klinik üblich war und als „kleiner Liebreich" bezeichnet wird. Es ist ein durchbohrter, belegter Hohl-Spiegel von etwa 6 Zoll Brennweite und $1^1/_4$ Zoll Breite, mit zwei verschiedenen Sammel-Linsen von 2, bezw. 3 Zoll Brennweite für das umgekehrte Bild. Für diesen Zweck sind die Spiegel ganz brauchbar. Schwieriger ist es aber, damit in jedem Falle das aufrechte Bild in voller Schärfe zu gewinnen. Zunächst ist die Zahl der beigegebenen Hilfsgläser (5) zu gering. Deshalb hat auf meinen Wunsch Herr P. Dörffel in Berlin vollständiger ausgestattete Ausgaben[1]) angefertigt, mit folgenden Hilfsgläsern: + 40″, + 20″, + 10″, + 6″, + 2″; — 40″, — 20″, — 12″, — 10″, — 8″, — 6″, — 4″, — 3″; auch mit — 2″. (Ametropische Beobachter brauchen andre Gläser-Reihen; ein Arzt mit My. $^1/_{12}$″ = 3 D braucht z. B.: + 2″, + 6″, + 20″, + 40″, — 40″, — 20″; — 12″; — 10″, — 8″; — 6″, — 4″, — 3″, — 2″.) Ich habe diese Form mit dem Namen des Berliner Augenspiegels belegt.

(Für Thierärzte habe ich den Spiegel, wegen der Breite der Pferde-Pupille und für gleichzeitige Untersuchung der Nase, breiter gemacht und die Zahl der Hilfsgläser verringert.)

Die kleinen Hilfsgläser für das aufrechte Bild werden in einer Gabel hinter der Durchbohrung des Hohl-Spiegels angebracht. Das Gewinden-Gelenk der Gabel soll immer einen gewissen Grad von Steifigkeit besitzen, so dass die Gabel mit dem Hilfsglase in jeder beliebigen Neigung gegen die Spiegelfläche festgestellt werden kann. Ist dies nicht der Fall, klappt die Gabel gleich zurück, so dass die Haupt-Ebene des Beleuchtungs-Spiegels und die des Hilfsglases einander parallel stehen; so muss der Untersucher zur passenden Beleuchtung der untersuchten Pupille den Spiegel einigermassen schräg stellen und auch in schiefer Richtung durch die Hilfsgläser sehen. Das Netzhaut-Bild wird hierbei verzerrt; Messung der Einstellung des untersuchten Auges ist erschwert, und ein grosser Theil des einfallenden Lichtes wird, nament-

1) Der Preis wird dadurch nur von 6 auf 9 Mark erhöht.

lich wenn scharfe Zerstreuungsgläser, z. B. von 2 oder 3 Zoll Brennweite, erforderlich sind, seitlich zurückgeworfen und geht dem Untersucher verloren. Der Spiegel sei nicht zu dick und die kanalartige Durchbohrung (von etwa 3 Mm. Breite) gut geschwärzt.

Noch ungünstiger ist der Spiegel von Nachet, bei dem die Hilfsgläser (nur 4!) auf einer Drehscheibe hinter dem Spiegel angebracht sind.

(Diese unzweckmässige Einrichtung lässt sich einigermassen ausgleichen, indem man die Lichtflamme nach hinten von dem Kopf des zu Untersuchenden rückt, wodurch leidliche Beleuchtung unter geringeren Einfallswinkeln sich ermöglichen lässt. Dies ist etwas bequemer ausführbar mit beweglichen Gas-Armen, wie sie z. B. in England üblich sind, als mit den gewöhnlichen Gas-Lampen.)

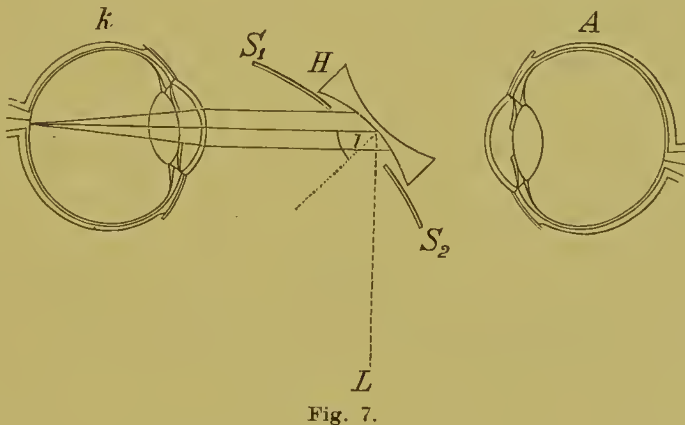


Fig. 7.

Hat der Spiegel $S_1 S_2$ und ebenso das scharfe Hohlglas *H* eine derartig schräge Lage, wie in Fig. 7; so wird von dem licht-schwachen Strahlenbündel, welches aus dem untersuchten Auge *k* zurückkehrt, bei *l*, wo es unter grossen Einfallswinkeln auffällt, ein grosser Theil seitlich nach der Lichtflamme *L* hin zurückgeworfen, d. h. verloren gehen, und nur ein verringerter Antheil, durch die Linse *H* hindurchtretend, zum Auge des Beobachters gelangen, d. h. für das zu gewinnende Netzhaut-Bild verwerthbar bleiben; während gleichzeitig noch bei dieser schrägen Stellung des scharfen Zerstreuungs-Glases *H* dessen vordere, dem untersuchten Auge *K* zugewendete Hohlfläche soviel Licht von *L* gegen die Hornhaut-Mitte von *K* zurückwirft, dass der gesättigte Hornhaut-Reflex das zarte Netzhaut-Bild ganz und gar zu übertönen im Stande ist. Hierin liegt das Geheimniss, warum so oft die Anfänger mit mittelmässigen Spiegeln durch scharfe Hohlgläser hindurch überhaupt kein aufrechtes Netzhaut-Bild zu gewinnen

vermögen. (In Fig. 4, S. 12, war hingegen der Einfallswinkel klein; der grössere Theil des Lichts geht durch die Hohl-Linse hindurch, nur ein kleinerer Antheil wird seitlich zurückgeworfen.)[1])

In der Mitte zwischen den festen Augenspiegeln und den beweglichen stehen gewisse röhrenförmige Einrichtungen, die in einer Röhre, meist von veränderlicher Länge, vorn ein Sammel-Glas, hinten einen durchbohrten Hohl-Spiegel enthalten, zwar freihändig geführt werden, aber doch nur eine beschränkte Beweglichkeit zulassen, dafür das Seiten-Licht ausschliessen und somit im nicht verdunkelten Zimmer[2]) angewendet werden können. Der Spiegel von Ulrich (1852) ist noch durch Hinzufügung einer Lichtzuleitungs-Röhre complicirt. Der von Hasner (1853) ist bequemer; er hat einen seitlichen Schlitz in der Röhre als Licht-Oeffnung und gestattet durch Theilung der Röhre eine annähernde Messung der Einstellung. Der von Galezowski (1862) und der von Alfermann (1878) sind ganz ebenso.

Eine grosse Bedeutung für die Praxis erlangte (1854) der Augenspiegel von Ed. v. Jäger, demjenigen Forscher, der wohl zuerst die regelmässige Untersuchung im aufrechten Bilde und die mittelst desselben zu erreichende objective Refractions-Messung zu einer besonderen Künstlerschaft ausgebildet hat. Sein Spiegel hält sich streng an Helmholtz's Grundsätze. Auf dem Handgriff befindet sich eine vorn abgeschrägte Röhre mit schräg stehendem Spiegel aus unbelegten Plan-Glasplatten.[3]) (Allerdings kann an seiner Stelle ein durchbohrter, belegter Plan-Spiegel eingefügt werden, und für das umgekehrte Bild auch ein durchbohrter Hohl-Spiegel.) Das virtuelle, aufrechte Bild ist bei Anwendung des lichtschwachen Spiegels vortrefflich zu erkennen. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Helligkeit des Netzhaut-Bildes keineswegs gleichen Schritt hält mit der Steigerung der Beleuchtungs-Stärke — wegen gleichzeitiger Verengerung der Pupille des untersuchten Auges. Die Zahl der (nach Helmholtz's erster Art) zu befestigenden Hilfsgläser ist verschieden gross, 8 in der kleinen

---

1) Von dem einfallenden Licht (1) wird eine plan-parallele Glas-Platte bei senkrechtem Einfall 0,94 durchlassen und 0,06 zurückwerfen. Bei einem Einfallswinkel von 30° sind die Zahlen aber 0,92 und 0,08; bei 60° schon 0,8 und 0,2; bei 80° endlich 0,29 und 0,71, d. h. nur $^1/_3$ wird durchgelassen, $^2/_3$ zurückgeworfen. (Nach Lambert, Photometrie, 1759.)

2) Sie werden deshalb besonders gerühmt für die Anwendung in den Krankenzimmern, beim Aushebungs-Geschäft u. s. w. Aber auch die gewöhnlichen Spiegel erheischen durchaus nicht eine vollständige Verdunklung des Zimmers.

3) Im Jahre 1887 als eine neue Entdeckung von einem Pariser Fachgenossen gepriesen!

Ausgabe, 27 in der grossen. Man hat auch an Jäger's Spiegel eine passende Gabel befestigen lassen, um jedes Glas des gewöhnlichen Brillenkastens einfügen zu können,[1]) oder einen federnden Gläser-Halter.

Das Aussuchen des besten Hilfsglases im gegebenen Falle ist allerdings ein wenig zeitraubend. Mit der wachsenden Zahl der Kranken fühlt Jeder das Bedürfniss, auch einen Spiegel zu besitzen, welcher etwas schneller arbeitet.

So hat man in den letzten Jahrzehnten eine grosse Zahl sogenannter Refractions-Ophthalmoscope verfertigt, mit drehbaren [2]) Scheiben hinter dem Spiegel; d. h. man hat die seit Beginn der Augenspiegel-Zeit bekannte Rekoss'sche Scheibe etwas reicher mit Gläsern ausgestattet. Eine grosse Zahl passend abgestufter Brillengläser ist auf einer oder mehreren Scheiben angebracht, so dass jeder Untersucher für das aufrechte Netzhaut-Bild jedes Untersuchten sich einrichten und das passende Glas durch eine mehr oder minder einfache Drehung der Scheibe finden kann. Uebrigens ist hierbei doch etwas mehr, als blosse Zeit-Ersparniss, gewonnen. Man findet durch eine solche drehbare Scheibe das passende Hilfsglas, welches den zeitigen Fernpunkt des Untersuchten nach dem des Untersuchers verlegt und dadurch den Brechzustand des ersteren bestimmt, nicht blos rascher, als mit dem Helmholtz-Jäger'schen Spiegel, sondern auch sicherer. Es ist dies in der Natur unsrer Sinne begründet. Wir vermögen zwei verschiedene Sinnes-Eindrücke — z. B. das mittelst zwei verschiedener Hilfsgläser betrachtete aufrechte Netzhaut-Bild desselben Auges — um so sicherer miteinander zu vergleichen und ihre verhältnissmässige Schärfe abzuschätzen, je rascher wir vom ersten Eindruck zum zweiten übergehen und vom zweiten zum ersten zurückkehren können.[3])

Die ersten derartigen Refractions-Ophthalmoscope mit etwa 24 Gläsern sind von Loring, Cohn, v. Wecker und Knapp.[4]) Dieselben

---

1) Das hat grossen Werth bei starkem Astigmatismus des Untersuchten. Sonst braucht man noch einen besondren Refractions-Augenspiegel mit cylindrischen Gläsern, wie den von Parent.

2) Sie heissen auch Revolver-Ophthalmoscope, schiessen aber nicht, wiewohl manche schwer genug sind, um als Hiebwaffe zu dienen, — die mächtigen Sammel-Linsen als Schleuder-Steine.

3) Bei gut gearbeiteten Spiegeln ist es sogar möglich, zwei solche Netzhaut-Bilder nebeneinander zu gewinnen; der metallene Zwischenraum zwischen zwei Hilfsgläsern muss die Mitte des Spiegel-Lochs hälften.

4) Aus den Jahren 1870 bis 1872.

liefern dem Geübten gute und rasche Befunde, sie sind aber zum Theil nicht frei von Mängeln. Zur Beleuchtung enthalten sie meist nur durchbohrte Hohl-Spiegel. Bei passender Beleuchtung der Pupille blickt man schief durch die Hilfsgläser.

Endlich ist man bei dem Bestreben, einen ganzen Brillenkasten auf den Umfang einer Scheibe von 25 Mm. Durchmesser zusammenzudrängen, auch naturgemäss zu winzig kleinen Gläsern von 2 Mm. Breite angelangt. Später hat man diese Uebelstände zu beseitigen gesucht: *a*) durch Verbreiterung der Scheibe; *b*) durch Verschmälerung der metallenen Zwischenräume zwischen den einzelnen Gläsern; *c*) durch Mitbenutzung des mittleren Theiles der Scheibe für die Einfügung einer zweiten, zur ersten concentrischen Kreis-Reihe von Hilfsgläsern; *d*) durch zwei hintereinander drehbare Scheiben, so dass die Wirkung zweier Gläser sich algebraisch zusammenfügt, wie dies schon Rekoss angegeben.

a) Die Verbreiterung der Scheibe hat ihre Grenze in der Gestaltung unsres Gesichts, namentlich der Nase, — wenn man verlangt, dass, während der Spiegel unbeweglich vor dem untersuchenden Auge steht, die Scheibe bis zur empirischen Auffindung des Hilfsglases gedreht werden könne. Meisterhaft ist in dieser Hinsicht das neuere Muster von Knapp, welches auf einer Scheibe von 55 Mm. Breite 31 verschiedene, 5 Mm. breite Linsen von + 2″ bis zu — 2″ Brennweite, nach altem und neuem Maass deutlich sichtbar bezeichnet, und ein freies Loch enthält. *b*) Der Spiegel von Loring-Wadsworth trägt auf einer Scheibe von nur 40 Mm. Durchmesser 25 Hilfsgläser von 3 Mm. Breite (einschliesslich 0). Natürlich sind die Zwischenräume der zierlichen dünnen Gläser fast fadenförmig. Der Spiegel ist schräg gestellt und eben, oder ein hohler von 15—20 Mm. Breite und 8 Zoll (20 Ctm.) Brennweite. Ausserdem ist ein grösserer Plan-Spiegel oder ein concaver aufzuschrauben. Natürlich sind zwei Sammelgläser für das umgekehrte Bild beigegeben. *c*) Gower's Spiegel enthält auf dem Umfang der Scheibe von 36 Mm. Breite 16 Hilfsgläser. Durch einen einfachen Fingerdruck wird die Scheibe decentrirt, und ein kleinerer, mit dem Umfang concentrischer Kreis der Scheibe benutzbar, in welchem noch 6 Gläser angebracht sind. Der Reflector ist ein kleiner concaver Kipp-Spiegel, der also durch einfachen Fingerdruck abwechselnd nach rechts oder nach links gewendet werden kann. *d*) Die Spiegel mit zwei hintereinander drehbaren Scheiben (Landolt, Badal, Wecker, Meyer, Baumeister, Parent, Burchardt, Berger, Grossmann, Johnson, Noyes, Loring u. A.) sind, weil nicht einfach genug, nach meiner Ueberzeugung, dem Anfänger

weniger zu empfehlen. Sodann werden ihm zu viele Gläser (64 und selbst 100!) geboten, so dass er das beste im Einzelfall schwer finden kann. Es ist nicht richtig, in der ganzen Reihe immer die nämliche kleine Abstufung von 0,5 *D* (= 1/80 Zoll) beizubehalten; wie im Brillenkasten muss auch hier bei schärferen Gläsern der Unterschied vergrössert werden. Es hat gar keinen Sinn, an einem nicht feststehenden Spiegel zwischen 29,5 und 30 *D* unterscheiden zu wollen.[1])

Bei einigen Augenspiegeln neuer Art hat man wesentlich die Einfachheit der Einrichtung, wodurch Dauerhaftigkeit, billiger Preis und Bequemlichkeit auch für den Anfänger erstrebt werden, für besonders wichtig gehalten. Hierher gehört der Schnabél'sche. Es ist dies ein Jäger'scher mit Drehscheiben; er enthält 39 verschiedene Gläser auf drei getrennten Scheiben, welche nacheinander in das Gestell eingefügt werden können.

Aehnlich ist der meinige. Zu diesem gehören 26 richtig abgestufte Hilfsgläser (einschliesslich des leeren Lochs); eine geringere Anzahl ist für ganz genaue Untersuchung unzureichend, eine erheblich grössere eher lästig. Die Hilfsgläser besitzen einen Durchmesser von je 6 Mm. und sind auf zwei Scheiben von je 32 Mm. Breite (in deren Umfang) angeordnet.

Die erste Scheibe enthält 0[2]), + 80″, + 40″, + 24″, + 20″ + 13″, + 10″; — 80″, — 40″, — 24″, — 20″, — 13″, — 10″. Die

---

1) Trotzdem schon hundert Augenspiegel angegeben sind, erklärt mancher Erfinder eines neuen, dass keiner der früheren gut sei, und bedenkt nicht, was der weise Salomon von den Frauen gesagt hat. — Ich habe einmal ein Paar Dutzend Spiegel verglichen. Der Geübte kann mit jedem sehen. Man beachte folgendes: Das Loch eines durchbohrten Spiegels sei etwa 3 Mm. weit, ein kleiner Plan-Spiegel für das aufrechte Bild sei etwa 15 Mm. breit, 30 Mm. ein grösserer Hohl-Spiegel für das umgekehrte Bild.

2) Wer für die Netzhaut eines emmetropischen Auges wegen Abweichung seines eigenen, ein Hilfsglas, z. B. von — 10″ = 4 D, gebraucht; kann dieses zum Nullpunkt der ersten Scheibe wählen. Wie man einen Rock besser nach Maass anfertigen lässt, als fertig kauft, wird man auch bei der Wahl eines guten Augenspiegels verfahren, wenn man die für den eigenen Gebrauch nothwendigen Gläser besitzen, die überflüssigen vermeiden will. Herr P. Dörffel in Berlin hat zahlreiche Spiegel nach solchen Angaben von mir angefertigt. Ich füge eine Tabelle bei, welche die für ametropische Aerzte passenden Gläser-Reihen, für jeden Brechzustand die 12—14 wichtigsten Gläser, enthält. (Zur Abwechslung in Dioptrien.) Der Arzt mit My von 6 D wählt nach der ersten senkrechten Reihe seine Gläser aus. Uebrigens

zweite Scheibe enthält: + 8″, + 6″, + 4″, + 2″; — 8″, — 6″, — 5″, — 4″, — 3″, — $2^1/_2$″, — 2″, — $1^3/_4$″, — $1^1/_2$″. Die Nummer der gewählten Gläser ist in doppeltem Maass (Zoll wie Dioptrien) sofort ersichtlich. Das Wechseln der Scheibe geht rasch von statten. Die erste Scheibe reicht für die grosse Mehrzahl der Fälle aus, während die zweite Scheibe für die Minderzahl (d. h. für die hochgradigen Ametropien der untersuchten Augen) nothwendig wird. Für die schwächsten Ametropie-Grade ist als Unterschied $^1/_{80}$″ (= 0,5 *D*), für die mittleren $^1/_{40}$″ (= 1,0 *D*), für die hohen $^1/_{20}$ (= 2,0 *D*) gewählt. So tritt das beste Glas bei der empirischen Wahl klar und zweifellos hervor. Es hat gar keinen Sinn, eine weit höhere Genauigkeit anzustreben, als wie sie praktisch bei der Brillenwahl durchzuführen ist. Zur Beleuchtung dient ein kleiner ebener Spiegel (etwa 20 Mm. lang, 18 Mm. breit) mit mittlerer Durchbohrung von

---

muss man nicht die wirkliche Refraction beim Fernsehen, sondern die nach mehrfacher Uebung, bei möglichster Erschlaffung der Accommodation des Augenspieglers, vorhandene Einstellung zur Grundlage nehmen. Astigmatische Aerzte thun gut, das zum Fernsehen nöthige Cylinderglas in die Durchbohrung (oder, wenn die Hilfsgläser für beide Augen verschieden sind, beide Gläser, richtig bezeichnet, in ein hinter dem Spiegelloch verschiebliches, metallenes Rechteck) einfügen zu lassen — oder wenigstens in einem Brillengestell beim Augenspiegeln aufzubehalten.

M 6 D	M 4 D	M 2 D	E	H 2 D	H 4 D	H 6 D
		— 25 D	— 13 D	— 13 D	— 10 D	— 8 D
	— 25 D	— 20 D	— 10 D	— 10 D	— 7 D	— 5 D
— 25 D	— 20 D	— 15 D	— $6^1/_2$D	— 6 D	— 5 D	— 3 D
— 20 D	— 15 D	— 12 D	— 5 D	— 4 D	— 3 D	— $1^1/_2$D
— 15 D	— 12 D	— 9 D	— 4 D	— 2 D	— $1^1/_2$D	0
— 12 D	— 9 D	— 7 D	— 3 D	— 1 D	0	+ $1^1/_2$D
— 9 D	— 7 D	— 5 D	— 2 D	0	+ $1^1/_2$D	+ 3 D
— 7 D	— 5 D	— 3 D	— 1 D	+ 1 D	+ 3 D	+ 5 D
— 6 D	— 4 D	— 2 D	0	+ 2 D	+ 4 D	+ 6 D
— 5 D	— 3 D	— 1 D	+ 1 D	+ 3 D	+ 5 D	+ 7 D
— 3 D	— $1^1/_2$D	— 0 D	+ 2 D	+ 5 D	+ 7 D	+ 9 D
— $1^1/_2$D	0	+ 2 D	+ 4 D	+ 7 D	+ 10 D	+ 12 D
0	+ 2 D	+ 5 D	+ 6 D	+ 10 D	+ 13 D	+ 15 D
		+ 10 D	+ 10 D			
+ 3 D	+ 6 D	+ 20 D	+ 20 D	+ 20 D	+ 20 D	+ 20 D
+ 6 D	+ 20 D					
+ 10 D						
+ 20 D						

etwa 3 Mm. Breite. Es kann aber auch ein mit dem Hilfsglas paralleler ebener, oder ein hohler, durchbohrter Spiegel von 6 Zoll Brennweite an seine Stelle gebracht werden. Der letztere dient für gewöhnlich zur Untersuchung des umgekehrten Bildes und hat ein besonderes (abzuschraubendes) Stielchen und hinten eine Gabel zur Einfügung von + 10″ (= 4 *D*) oder + 2″ (= 20 *D*). Somit vermag man, was unbedingt erforderlich, *jedes Auge im aufrechten, wie im umgekehrten Bilde zu untersuchen*, und verliert dabei nicht Zeit durch unnützes Schrauben. Die für das umgekehrte Bild beigegebenen Sammel-Linsen von 2 und 3 Zoll Brennweite sind gut abgeschliffen und mit metallenen Fassungen versehen. Der Apparat hat sich für den Unterricht bewährt und in zahlreichen Augenkliniken, namentlich Deutschlands, Freunde erworben.

Für *Studenten* ist eine billige Ausgabe erschienen mit nur *einer* Scheibe, die 13 Hilfsgläser (einschl. 0) trägt, nämlich: + 40″, + 20″, + 10″, + 6″; — 40″, — 20″, — 13″, — 10″, — 8″, — 6″, — 4″, — 3″. Dazu werden noch für die Gabel des Hohlspiegels + 3″, + 2″ und — 2″ beigegeben und natürlich für das umgekehrte Bild zwei zollbreite Linsen, + 2″ und 3″.[1]).

Ich verzichte darauf, alle die *mechanischen Kunststückchen* zu beschreiben, welche man neuerdings zum Auswechseln der Hilfsgläser oder der an demselben Stiel befestigten Beleuchtungs-Spiegel angewendet hat (in den Augen-Spiegeln von *Morton*, *Lyder-Borthen*, *Knauer*, *Grossmann*, *Noyes*, *Inouye*, *Roth* u. A.).

Grossen Werth lege ich darauf, dass auch der bescheidenste Augenspiegel einige *starke*, hinter dem Loch des Spiegels zu befestigende *Sammelgläser* (+ 2″, + 3″, + 6″) enthält,[2]) welche als *Lupen* bei der Durchleuchtung des Auges die *feinsten Trübungen* vergrössern und deutlich machen. Ich habe die *Wichtigkeit* dieser Untersuchungs-Art nachgewiesen und werde alsbald noch weiter davon

---

1) Ein *ametropischer* Beobachter fordere eine *andre* Reihe von Hilfsgläsern, nach Anleitung der Tabelle auf S. 24. (Der Preis des Spiegels beträgt etwa 25 Mark.)

2) Ausserdem ist noch eine kleine botanische *Lupe* in Fassung, zur Vergrösserung des *seitlich beleuchteten* Bildes, oder besser eine Hartnack'sche Kugel-Lupe ganz unerlässlich. — Hält man die gewöhnliche Linse + 2″ des Augenspiegels, die für das umgekehrte Bild benutzt zu werden pflegt, dem zu prüfenden Auge vor und dem eignen Auge den Spiegel; so erreicht man keineswegs dieselbe Vergrösserung, wie wenn dieselbe Linse hinter dem Spiegel steht: bei der erstgenannten Anordnung wird man auch durch das Reflex-Bild des Linsenglases in der untersuchten Hornhaut erheblich gestört.

handeln. Magnus hat diese Studien weiter fortgesetzt und einen besonderen Lupen-Spiegel[1]) angegeben, welcher entbehrlich ist, wenn man eben einen richtig ausgestatteten Augenspiegel besitzt. Zur Beleuchtung sind bei dieser Untersuchungs-Art ebene Spiegel besser als hohle, und erhabene[2]) noch besser, als ebene. Dies lehrt sinnfällig die Untersuchung desselben Gegenstandes, z. B. einer staubförmigen Glaskörper-Trübung oder der feinsten neugebildeten Hornhaut-Gefässe, mit den drei verschiedenen Spiegeln.

Wem es Vergnügen macht, der studire die LXXVIII Formen der Augenspiegel, einschliesslich der Selbst-Spiegler, welche Snellen und Landolt mit unermüdlichem Fleiss gesammelt haben. (Traité complet d'ophthalmologie par L. de Wecker et E. Landolt, Paris, 1880, I, 849—883.)

Da ihr Literatur-Verzeichniss mit dem Jahre 1876 abbricht, das C. Bl. f. A. aber mit 1877 anhebt; so will ich noch aus den ersten XXII Jahrgängen des letzteren, zum Frommen der — Erfinder, die folgende Blüthen-Lese beibringen. (R. O. = Refractions-Ophthalmoscop. A. S. = Augenspiegel.)

I. S. 26. R. O. von Badal, 76 Gläser-Werthe von + 19 D bis — 19 D.
„ 87. R. O. von Wadsworth, 24 Gläser.
„ 226. R. O. von Loring, 25 Gläser.
„ 246. R. O. von Dennet, mit Cylinder-Gläsern.

II. „ 61. Peppmüller's Demonstrations-Augenspiegel.
„ 71. R. O. von Hirschberg, mit 26 Gläsern, auf 2 Scheiben.
„ 237. Badal's mit Doppel-Spiegel.
„ 253. Alfermann's Röhren-Spiegel.
„ 305. R. O. von Landolt.

III. „ 21. Engelhardt's stabiler A.-S.
„ 89. R. O. von Grossmann, mit 100 Linsenwerthen.
„ 90. R. O. von L. de Wecker, mit Doppel-Scheibe.
„ 171. Rüte's A.-S., von Hirschberg verbessert.

---

1) Ueber das Geschichtliche vgl. C. Bl. f. Augenheilk. 1895, S. 443. Meine Veröffentlichungen stehen C. Bl. f. A. 1886, S. 333 u. 1888, S. 216; Deutsche med. W. 1888, Nr. 25; Eulenburg's Real-Encycl. II. Aufl. 1888, XIV, 641. Magnus erklärt in der Festschrift f. Förster 1895, dass er seit 1890 den Lupen-Spiegel in die Praxis eingeführt hat.

2) Die erhabenen Spiegel, welche Zehender zuerst angegeben, scheinen ja an sich widersinnig zu sein, da sie nur eine sehr schwache Beleuchtung geben; auch hatte Zehender sie mit einer licht-sammelnden Linse verbunden, also ihre Eigenheit sogleich wieder aufgehoben.

Aber für den vorliegenden Zweck ist das lichtschwache und stark auseinander fahrende Strahlen-Bündel im höchsten Maasse brauchbar. In manchen neueren Augenspiegeln, z. B. dem von Galezowski, ist ausser dem hohlen noch ein kleiner ebener und ein kleiner erhabener Spiegel angebracht. Uebrigens können Hohlspiegel von sehr kurzer Brennweite gleichfalls divergente Strahlen-Bündel für den Glaskörper liefern, wenn das Flammenbildchen in der Krystall-Linse (oder davor) liegt.

S. 242. R. O. von Loring, Scheibe mit 16 Gläsern, Quadrant mit 4; Wipp-Spiegel.
„ 282. R. O. von Landolt, mit Mikrometer.
IV. „ 132. von Schumann, Galilei'sches Fernrohr, wie beim Javal.
„ 202. Horstmann's Veränderung von Hirschberg's R. O.
„ 330. R. O. von Noyes, mit 74 Linsen-Werthen.
„ 396. R. O. mit 88 Nummern. (Anonym.)
„ 446. R. O. von Parent.
VI. „ 233. A. Graefe's Localisirung's-O.
„ 247. Galezowski's R. O. mit doppeltem Focus (von — 8 und 25 Cm. B. W.) und 33 Gläsern.
„ 281. R. O. von Webster Fox mit Spiegel von nur — 8 Ctm. B. W. und von — 20 Ctm., sowie mit 75 Nummern.
„ 506. A. S. von Fr. Fuchs in Bonn, mit neuer Reflexions- und Polarisations-Vorrichtung.
„ 612. R. O. von Baumeister.
R. O. von Schöler, mit Cylinder-Gläsern.
A. S. für 2 Beobachter von Coursserant. (Spiegel aus platinirtem Glas.) Vgl. VII. 59.
VII. „ 184. A. S. von Adams, zum Zeichnen (mit 2 Stirnbändern). (VIII, 175.)
„ 185. A. S. von Schiötz.
„ 184. Magazin-R. O. von Cooper, mit 74 Linsen an einer Kette ohne Ende. (VIII, 176.)
„ 270. R. O. von Burchardt.
„ 334. R. O. von Pflüger. (VIII, 132.)
„ 468. R. O. von Berger.
„ 478. R. O. von Parent, mit Cylinder-Gläsern.
VIII. „ 334. Nieden's Taschen-A. S.
„ 581. Parent's mit 4 Spiegeln (von — 5, 10, 20 Cm. und ∞ Brenn-Weite).
„ 332. R. O. von Schmidt-Rimpler.
„ 169. R. O. von Prouff mit Cylinder-Gläsern.
IX. „ 123. A. S. von Cooper, Morton, Johnson.
„ 189. A. S. von Benson.
„ 523. R. O. von Berger (XIX, 154) Harlan, Dennet, Jackson.
X. „ 48. R. O. von Juler, mit electrischem Licht; 492, von Jeaffreson.
„ 375. Demonstr. A. S. von Priestley-Smith.
„ 492. Polarisations-A. S. von Reid.
XI. „ 94. Giraud-Teulon, Edison-Lämpchen hinter dem Loch seines binoc. A. S.
„ 335. Power, Taschen-A. S. in Brillen-Futteral.
„ 468. Helmholtz-Wecker, mit einem Satz von planparallelen Glasplatten.
„ 264. Valk's R. O.
„ 375. A. S. von Howe, Dennet, Risley, Swan Burnett.
XIII. „ 143. Schweigger's electrischer Augenspiegel, auch binocular. (Vgl. XI, 94 und XVI, 19 und 239.)

S. 471. R. O. von Lyder-Borthen. (XIV, 311.)
XIV. „ 568. Dohnberg's A. S.
XV. „ 535. Gerloff's Modification von Schmidt-Rimpler's A. S.
„ 535. Parent's A. S. (Vgl. XVI, 447.)
XVI. „ 551. Hasket Derby's A. S. (Camera mit electr. Bogen-Licht.)
„ 449. R. O. von Fage.
„ 497. R. O. von Antonelli. (XIX, 314.)
„ 499. A. S. von Ovio.
XVIII. „ 157. R. O. von Skeel.
XIX. „ 86. Zwei A. S. von Zirm.
„ 194. R. O. von Kunn.
XXI. „ 940. Jackson's A. S.
XXII. — —.

Man sieht, der Erfindung Flutstrom ebbt schon nach und nach. In den Katalogen der Augenspiegel-Verfertiger (Dörffel, Fritsch, Sydow u. A.) sind die neuesten Augenspiegel beschrieben, gepriesen und abgebildet.

Sodann ist noch der zweiäugige Spiegel von Giraud-Teulon (1860) zu erwähnen; derselbe soll das körperliche Sehen des Augengrundes vermitteln.

Es sei S_1 S_2 ein Hohl-Spiegel mit grosser Durchbohrung, in welcher die beiden Glas-Rhomben $p\ q\ r\ s$ und $p_1\ q\ r_1\ s_1$ mit ihren scharfen Kanten aneinanderstossen. Liegt bei A ein Gegenstand, z. B. das mit Hilfe einer Sammel-Linse entworfene, umgekehrte Netzhaut-Bild des beobachteten Auges; so wird dasselbe von den beiden Augen (R und L) des Beobachters gesehen, denen nöthigenfalls, wenn die Seh-Achsen nicht parallel, sondern nur convergent gestellt werden können, kleine (mit der Kante nasenwärts gerichtete)[a] Prismen vorgelegt werden müssen. Jedenfalls ist die stereoskopische Grundlinie hierbei geringer, als wenn A unmittelbar von den beiden Augen R und L betrachtet wird, und zwar im Verhältniss von $\frac{\varrho\lambda}{RL}$. Von Einigen wird die stereoskopische Wirkung dieses Apparates überhaupt geleugnet. Helmholtz findet sie schon ganz merklich. Das Instrument ist wohl nützlich, jedoch im Ganzen entbehrlich; denn es giebt Ver-

Fig. 8.

a) adducirende

fahren, um mit Hilfe eines gewöhnlichen einäugigen Augenspiegels Tiefen-Abstände im Augengrunde scharf zu beobachten und sogar ziemlich genau zu messen.

Später hat Giraud-Teulon[1]) an der Stelle, wo die beiden Rhomboëder an einander stossen, eine kleine kreisförmige Oeffnung angebracht und hinter derselben ein kleines (hinten gedecktes) electrisches Lämpchen. Für das aufrechte Bild kann man sich dem untersuchten Auge fast bis zur Berührung nähern. Schweigger's[2]) binocularer Augenspiegel besteht aus 2 Planspiegeln, welche unter einem Winkel von 90° zusammengefügt sind. In dem an den beiden Spiegeln gebildeten Raumwinkel befindet sich ein Glühlicht mit Convex-Glas, dessen Strahlen durch eine in der Mitte der Berührungs-Linie angebrachte runde Oeffnung das untersuchte Auge beleuchten. Parallel zu der entsprechenden Spiegelfläche befindet sich vor jedem der beiden Augen ein Plan-Spiegel, welcher die von dem untersuchten Augengrund ausgegangenen Lichtstrahlen-Bündel dem untersuchenden Auge zuführt.

W. Thorner[3]) hat versucht, die stereoskopische Wirkung durch eine zusammengesetzte Einrichtung aus zwei Beobachtungs-Röhren, drei Paar Prismen und einem Beleuchtungs-Rohr zu bewirken.

Demonstrations-Augenspiegel haben nur einen geringen Werth. Jeder feststehende Augenspiegel, z. B. der Rüte'sche, besonders wenn die Sammel-Linse recht breit ist, kann dazu benützt werden, einem Ungeübten, oder einer Schaar von solchen, das Hintergrund-Bild eines ruhigen oder festgestellten Auges vorzuzeigen.

Hierher gehört auch Walther Thorner's „stabiler Augenspiegel mit reflexlosem Bilde".[4]) Derselbe besteht einerseits aus einer Beleuchtungs-Röhre mit Lampe, halbkreisförmiger Blende, drei Linsen, total-reflectirendem Prisma, und andrerseits aus einer Beobachtungs-Röhre mit drei Linsen: wo beide Röhren in einem Winkel an einander stossen, befindet sich das zu untersuchende Auge mit künstlich erweiterter Pupille. Die eine Hälfte dieser Pupille ist für die ein-

---

1) Acad. de méd. 7. XII. 1886.

2) Verh. d. Berl. phys. G., 29. III. 1889.

3) Ein stereoskopischer Augenspiegel, vorläufige Mittheilung, von Walter Thorner in Berlin, Deutsche Medizinal-Zeitung, XX, Nr. 15, S. 169, den 19. Febr. 1900. — Ausführlich im A. f. A. XLII, 1, 2, Oct. 1900, S. 78—98.

4) Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie der Sinnes-Organe, XX, S. 294 bis 316, 1899: Ein neuer stabiler Augenspiegel mit reflexlosem Bilde. — Ich darf nicht unerwähnt lassen, dass Fr. Fuchs in Bonn bereits 1882 den Hornhaut-Reflex beseitigt hat durch einen einzigen Nicol, an dem seitlich eine Fläche abgeschnitten ist, die mit der Grenzfläche einen Winkel von 70° bildet; der Nicol vertritt den Spiegel. (Zeitschr. f. Instrumenten-Kunde von Landolt, Füss und Loewenherz, Sept. 1882. Vgl. C. Bl. f. A. 1882, S. 506.) — W. Thorner empfiehlt seinen Spiegel zur allgemeinen Anwendung.

fallenden, die andre aber für die austretenden Strahlen bestimmt. Dazu gehört noch ein Sucher, d. h. ein Kasten mit Prismen, um die richtige Stellung des Apparates zu dem geprüften Auge zu finden.[1])

Die Einrichtung ist auch zur Photographie des Augengrundes geeignet: auf diese werden wir gleich zurückkommen.

Sodann kann man aber auch das aus dem Augengrund austretende Strahlen-Bündel an einer beliebigen Stelle des Verlaufes mit Hilfe eines kleinen Spiegels oder Prisma theilweise nach der Seite hin zurückwerfen und einem zweiten Beobachter zugänglich machen. Ist *A* (Fig. 9) das umgekehrte Netzhaut-Bild, S_1 S_2 der Hohl-Spiegel, hinter dessen Durchbohrung der Beobachter *I* steht, während der kleine schräge Planspiegel *p* die Hälfte[2]) der Durchbohrung deckt; so kann noch gleichzeitig ein zweiter Beobachter *II* ein Bild von *A* empfangen. Dies ist der Demonstrations-Augenspiegel von Peppmüller. Vorher waren schon andre von Sichel, Wecker u. A. construirt worden. Man kann natürlich auch das (an einem Stiel befestigte) Sammelglas des umgekehrten Bildes zur Hälfte mit der einen Katheten-Fläche eines rechtwinkligen Glas-Prisma bedecken: dann erblickt in der andren Katheten-Fläche der seitlich stehende zweite Beobachter das umgekehrte Bild des untersuchten Augengrundes, das allerdings nur die halbe Licht-Stärke besitzt, und bei dem rechts mit links vertauscht ist. Es sind sogar Spiegel für 3 Beobachter hergestellt worden, bei denen natürlich für jeden das Bild nur ein Drittel der normalen Licht-Stärke erlangen kann.

Sehr geeignet ist hierzu auch Bonsak's Ziel-Apparat, mittelst dessen der zur Seite des Schützen stehende Prüfer beurtheilen kann, ob der Schütze richtig zielt. Bei dem rechtwinklig-gleichseitigen Glas-Prisma (in Luft) findet totale Reflexion nicht statt, wenn der Einfallswinkel $> 11^0$. Man vereinige zwei solche Prismen und mache die Einfallswinkel etwa gleich 15^0. Dann wird das einfallende schmale Strahlenbündel für den Beobachter *I* nicht abgelenkt, aber der Punkt *A* gleichzeitig für den Beobachter *II* durch Spiegelung sichtbar. (Fig. 10.) Die Erfahrung zeigt, dass es eine besondere Einübung erheischt, um derartig gespiegelte Bilder sicher und bequem wahrzunehmen. Die dazu erforderliche Zeit und Mühe wird man besser

---

1) Franz Schmidt u. Haensch in Berlin (S. Stallschreiberstr. 4) liefern diesen Augenspiegel für etwa 200 Mark.

2) Wählt man platinirtes Glas, das ziemlich gut durchlässt und vortrefflich spiegelt; so kann *p* die ganze Durchbohrung decken: der seitlich stehende Beobachter (*II*) wird besser sehen.

verwenden, um wirklich — selber augenspiegeln zu lernen und jene Hilfsmittel entbehren zu können.

Etwas ähnliches gilt von der Autophthalmoskopie,[1]) die allerdings im Beginn der Augenspiegel-Zeit grösserer Berühmtheit sich erfreut hat. Helmholtz[2]) hatte schon 1851 gelehrt, bei Anwendung von zwei Spiegeln mit dem rechten Auge das linke leuchten zu sehen. Coccius,[3]) Heymann, Zehender, Giraud-Teulon u. A.[4]) haben besondre Einrichtungen zur Beobachtung des eignen

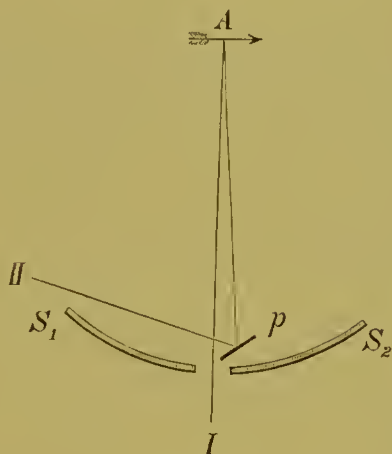


Fig. 9.

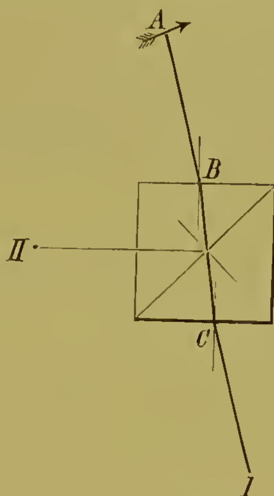


Fig. 10.

Netzhaut-Bildes angegeben; neuerdings Proskauer, Wessely, Leloutre, Heine.[5]) Der Autodidact wird auf dem Gebiete der Augenspiegelung nur sehr langsam vorwärts kommen. Das habe ich schon bei Gelegenheit der künstlichen Augen, die auch zur Einübung des Augenspiegels dienen sollen, auseinander gesetzt. Die gewöhnlichen Handgriffe kann man immer noch viel besser an den Augen von Kaninchen und andren Säugethieren, als an seinen eignen, einüben.

Wichtiger ist der Localisirungs-Augenspiegel, den

---

1) Von αὐτός selbst, ὀφθαλμός Auge, σκοπέω ich spähe. Name wie Sache entbehrlich.

2) Augenspiegel, S. 13.

3) Die eine Hälfte der Pupille wird von einer seitlich stehenden Lampe erleuchtet, vor der andren Hälfte steht ein Plan-Spiegelchen, welcher das vom Sehnerven-Eintritt zurückkehrende und nahezu parallel austretende Strahlenbündel des emmetropischen Beobachters durch passende Drehung auf die Netzhaut-Grube desselben leitet.

4) Klin. Monatsbl. I, 184, 230; Arch. f. O. IX, 1, 155; Gaz. des hôpit. 1863, S. 62; Ann. d'Ocul. L, S. 34.

5) Vgl. C. Bl. f. A. 1894, S. 104; 1897, S. 303; Dec. 1899, Febr. 1900, S. 61.

A. Graefe[1]) zur genaueren Ortsbestimmung der im Augengrund befindlichen, operativ anzugreifenden Fremdgebilde, z. B. der Finnen, angegeben, und den ich selber in etlichen Fällen, auch für die in der Netzhaut festhaftenden Eisensplitter, mit Erfolg in Anwendung gezogen habe.[2])

An einem Hohlspiegel von 9″ Brennweite und $1^1/_2$‴ Durchbohrung ist, um den Mittelpunkt der letzteren drehbar, ein in Winkelgrade getheilter Quadrant von 12″ Halbmesser befestigt, für die Untersuchung im umgekehrten Bilde mit der Linse + 2″, die ein grosses Gesichtsfeld gestattet.

Fixirt das kranke Auge (Fig. 11) mit seiner Grube *g* den Mittelpunkt *G* des in Winkelgrade getheilten Bogens, so erblickt das hinter

Fig. 11.

G aufgestellte Auge des Beobachters die Netzhaut-Grube des Kranken. Nun wird ein Gesicht-Zeichen auf dem Bogen langsam verschoben, etwa bis *D*, und gleichzeitig das kranke Auge, welches fortwährend das Gesicht-Zeichen zu fixiren hat, stetig (um den Winkel δ) gedreht: bis der Mittelpunkt des Fremdgebildes dem Beobachter erscheint.

Dann ist *g* nach γ gerückt, *d* aber nach dem Raumpunkt *g*.

Aus dem Werth des Winkels $GRD = \delta$ wird die Netzhaut-Strecke *gd* berechnet und so die Entfernung *e* des Punktes *d* von dem Hornhautrand *c* festgestellt.

Die Wichtigkeit des Verfahrens, auf das wir noch zurückkommen werden, liegt auf der Hand; doch braucht man keinen besondren

1) Arch. f. O. XXVIII, 1.
2) C. Bl. f. A. 1891, S. 321 fgd. Magnet-Operation, II. Aufl., 1899, S. 74.

Apparat dazu: ich benutze einfach einen kleinen Hand-Perimeter[1]) und bringe einen gewöhnlichen Hohl-Spiegel dicht oberhalb vom Mittelpunkt des schmalen Perimeter-Bogens an.

Die Photographie des Augengrundes hat bisher noch nicht einmal das geleistet, was man erwarten konnte; geschweige denn das, was feurige Köpfe zu hoffen wagten. Wenn es genügte, Kopf und Auge des Untersuchten zu fixiren, das letztere einzustellen und durch Druck auf einen Knopf ein getreues, brauchbares Lichtbild des erkrankten Augengrundes zu gewinnen, — ja dann wären unsre Untersuchungen wesentlich erleichtert, und die erheblichen Schwierigkeiten unsrer Kunst aus dem Wege geräumt. Wer aber berücksichtigt, dass wir im Einzelfall, um ein genaues und grosses Bild der Augengrund-Veränderungen zu gewinnen, genöthigt sind, die verschiedenen Tiefen zu durchmustern, in der Netzhaut selber um 0,5 *D* des Hilfsglases, d. h. um 0,015 Mm., vorzudringen und zurückzukehren; ferner nach den Seiten vorzurücken, unsre Blick-Achse oder die des Kranken zu verschieben: der wird sich nicht wundern, dass die bisher erreichten Ergebnisse der ophthalmoskopischen Photographie ganz ungemein hinter denen der mikroskopischen zurückgeblieben sind, da bei der letzteren der zu prüfende Gegenstand erstlich todt, also nicht licht-empfindlich, zweitens festgestellt, drittens fast zu einer Ebene verdünnt ist.

Die Schwierigkeiten, die der Photographie sogar eines beschränkten Theiles vom Augengrund sich entgegenstellen, sind dreifacher Art.[2]) Sie bestehen erstlich in dem Hornhaut-Reflex, von dem der aufmerksame Beobachter besser abstrahirt, als die lichtempfindliche Platte; zweitens in der Stärke der Beleuchtung, die eine kurze Expositions-Zeit ermöglicht, aber das kranke Auge blendet; drittens in der geringen Wirksamkeit der aus dem Augengrund zurückkehrenden, rothen Strahlen auf die licht-empfindliche Platte.

Die Forscher, welche über diesen schwierigen Gegenstand uns belehrt haben, sind Dor in Lyon (1884),[3]) Starr in Buffalo (1887),[4]) H. Cohn in Breslau[5]) (1888), der Giraud-Teulon's Rhomboëder-Kammer benutzte, um gleichzeitig ein Bild auf der Matt-Scheibe und eines auf der Trocken-Platte zu erhalten; O. Gerloff, d. Z. in

---

1) C. Bl. f. A. 1891, S. 321 fgd.; Magnet-Operation, II A., 1899, S. 74.

2) Dimmer, Bericht des IX. internat. ophthalm. Congresses zu Utrecht 1899, Amsterdam 1900, S. 102.

3) C. Bl. f. A. 1884, S. 330. Vgl. 1890, S. 127 u. 205.

4) C. Bl. f. A. 1887, S. 349.

5) C. Bl. f. A. 1888, S. 65.

Göttingen (1891),[1]) der ein photographirtes Augengrund-Bild von 3 P Durchmesser, mit einem Sehnerven von $3^1/_2$ Mm. Breite, deutlichem Unterschied der Arterien und Venen, in der Berliner physiol. Ges. vorwies, — zum Staunen von E. Du Bois-Reymond und uns Allen. Der Hornhaut-Reflex war durch Czermak's Glaswanne beseitigt, Zirkon-Licht und Magnesium-Blitz sowie Chromo-Platten von Gädicke kamen zur Verwendung; so glückte es in einigen Fällen den Augenhintergrund zu photographiren. Ich nenne ferner E. Fick (1891),[2]) L. Howe in Buffalo (1893),[3]) der isochromatische Platten verwendet, Guilloz in Nancy (1893),[4]) der mittelst einer etwas seitlich aufgestellten Blitzlicht-Lampe das durch eine Sammel-Linse entworfene, verkehrte Augengrundbild photographirte — (es ist das Helmholtz's einfachster Augenspiegel!) — Roquet (1896)[5]) und Meissner in Berlin (1896).[6]) Letzterer hatte vor 5 Jahren mit Gerloff zusammen gearbeitet und erwähnte, dass der Hohl-Spiegel in vortheilhafter Weise durch ein Prisma ersetzt werde, welches fest mit der Wasserkammer verbunden ist; als Lichtquelle diente zum Einstellen Zirkon-Licht, zur Aufnahme Blitzlicht-Mischung von Gaedeke und Miethe. In demselben Jahre 1896 veröffentlichte W. Thorner[7]) in Berlin einen eignen Apparat, mit dem es eben gelungen ist, den normalen Sehnerven-Eintritt des Menschen und des Kaninchen einigermassen deutlich zu photographiren.

Die letzte Arbeit ist von Dimmer, d. Z. in Innsbruck, 1899.[8]) Er benutzte die eine Hälfte der Pupille lediglich zur Beleuchtung (mittelst eines total reflectirenden Glas-Stabs und eines electrischen Bogenlichts); die andre lediglich für das austretende Licht, das durch eine Linse von 16 D zum umgekehrten Bilde vereinigt wurde. Zur photographischen Aufnahme diente ein Zeiss'scher Astigmat von 136 Mm. Brennweite, der an einer Kammer mit Auszug von 30 Ctm. Länge angebracht war, sowie Moment-Platten von Schleussner.

Pathologische Fälle sind noch nicht veröffentlicht. Das photographische Augengrund-Bild steht zur Zeit

---

1) C. Bl. f. A. 1891, 313 u. 427.

2) C. Bl. f. A. 1892, S. 192.

3) C. Bl. f. A. 1893, S. 408.

4) Ebenda, S. 451. — Nach Parent hätte G. den Rand-Theil einer Sammel-Linse verwendet, welcher als Prisma wirkte und nur einen Theil der Pupille deckte.

5) C. Bl. f. A. 1896, S. 27.

6) C. Bl. f. A. 1896, S. 275.

7) Inaug. Diss., Berlin 1896. Vgl. C. Bl. f. A. 1896, S. 654.

8) Bericht über den IX. internat. Ophth. Congress, Amsterdam 1900, S. 102.

noch weit zurück hinter dem nach genauer Beobachtung naturgetreu gezeichneten. Das erstere hat bisher keinerlei Einzelheiten zur Anschauung gebracht, die man bei dem gewöhnlichen Verfahren übersehen hatte.

Die Photographie des Augengrundes steckt heutzutage noch in den Kinderschuhen.

4. Vergrösserung und Ausdehnung der Augenspiegel-Bilder.

Bei jedem optischen Untersuchungs-Verfahren (z. B. mit der Lupe, dem Fernrohr, dem Vergrösserungs-Glas, also auch mit dem Augenspiegel) erheben sich immer zwei wichtige Fragen, die zunächst beantwortet werden müssen: 1. Wie stark ist die lineare Vergrösserung des Bildes? 2. Wie weit ist das Gesichtsfeld?

Wir wollen das Ergebniss der Untersuchung vorweg nehmen.

Das umgekehrte Netzhaut-Bild liefert eine drei- bis sechsfache Linear-Vergrösserung; das Gesichtsfeld misst 3—5 *P.* (*P* = Papillen-Breite, etwa 1,5 Mm.). Die Vergrösserung ist um so stärker, 1. je schwächer die benutzte Sammel-Linse, und 2. je mehr das untersuchte Auge übersichtig ist.

Das aufrechte Netzhaut-Bild liefert eine 14fache Linear-Vergrösserung; bei H des untersuchten Auges sinkt dieselbe etwa bis auf 10, bei M steigt sie etwa bis auf 20: das Gesichtsfeld beträgt 1—2 *P.*

Das umgekehrte Bild giebt uns wegen des grösseren Gesichtsfeldes eine bequeme Uebersicht, das aufrechte zeigt uns wegen der stärkeren Vergrösserung und wegen seiner Klarheit die Einzelheiten besser. Zur vollständigen Diagnose sind beide Verfahren unentbehrlich.

Histologische Diagnosen kann aber auch das aufrechte Bild noch nicht gewähren, — es sei denn, dass man das einzelne Augenspiegel-Bild durch frühere mikroskopische Untersuchung gleichartiger Fälle zu erklären im Stande ist.[1])

1) Durch die Vergrösserung des Netzhaut-Bildes werden gelegentlich Bewegungen des untersuchten Auges klarer sichtbar, da der in der Zeit-Einheit, z. B. in einer Secunde, beschriebene Weg eines Punktes entsprechend vergrössert wird.

Das Augenzittern (das gewöhnlich mit dem falschen Namen „Nystagmus“ belegt wird,) scheint mitunter nur einseitig zu sein. Aber der Augenspiegel zeigt, dass auch das scheinbar unbewegte Auge zittert. Winzige Rad-Drehungen des Auges bei Lähmung eines schiefen Augenmuskels habe ich gelegentlich erst mit dem Augenspiegel entdeckt. (A. v. Graefe

5. Das umgekehrte Netzhautbild. Seine Linear-Vergrösserung.

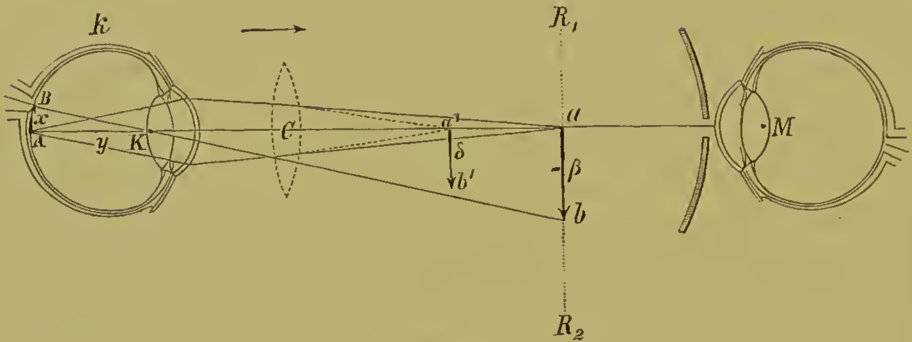


Fig. 12.

Es sei $AB = x$ die mit Hilfe des Hohl-Spiegels beleuchtete Netzhaut-Stelle. Mittelst der von dieser Stelle diffus, d. h. nach allen Richtungen, zurückgeworfenen Lichtstrahlen bilden die brechenden Mittel des untersuchten Auges k ein umgekehrtes Bild von x in derjenigen Ebene des Raumes, für welche das untersuchte Auge grade eingestellt ist; also, wenn es im dunklen Zimmer grade-aus blickt und seine Accommodation erschlafft, in seiner Fernpunkts-Ebene $R_1 R_2$. Es sei $ba = -\beta$ das umgekehrte Bild jener erleuchteten Netzhaut-Stelle. [Liegt in ba ein licht-entsendender Gegenstand, so werden auch die brechenden Mittel des ruhenden, d. h. für seine Fernpunkt-Ebene eingestellten Auges ein in Beziehung auf den Gegenstand β umgekehrtes Bild ($AB = x$) auf der Netzhaut entwerfen.]

x und β sind für den ruhenden dioptrischen Apparat des Auges k zwei zu einander gehörige Bilder; x und β sind verkehrt gegen einander gerichtet; wird x als positiv betrachtet, so muss β das Minus-Zeichen empfangen.

K sei der Knotenpunkt des Auges k, welcher nicht weit von der Hinterfläche der Krystall-Linse entfernt ist und im mittleren normalsichtigen Auge etwa 16,6 Mm. vor dem Netzhaut-Grübchen liegt. [Häufig begnügt man sich mit dem abgerundeten Werth $KA = y = 15$ Mm. In kurzsichtigen Augen kann y um 5—8 Mm. grösser, in übersichtigen um 2—3 Mm. kleiner werden.]

Jetzt berücksichtigen wir, dass bei den wirklichen Netzhaut-Bildern AB ein sehr kleiner Bogen ist, folglich als eine auf AK senkrechte Grade betrachtet werden kann; und ziehen die Grade Bb, welche durch den Knotenpunkt K gehen muss. Wir erhalten $\triangle ABK \sim \triangle abK$, wegen Gleichheit aller Winkel. Also ist $\frac{AB}{ab} = \frac{AK}{aK}$ oder 1) $\frac{x}{-\beta} = \frac{y}{R}$, wenn wir Ka, den Knotenpunkt-Fernpunkt-Abstand des untersuchten Auges, mit R bezeichnen. Nun-

---

hat bereits 1855, A. f. O. II, 2, 325, radförmige Bewegung sämmtlicher Netzhaut-Gefässe, um die Papille als Centrum, bei veralteter Oculomotorius-Lähmung gesehen.)

Beim Kopfzittern (Tremor) zittert das Bild der Iris vor dem des Sehnerven, der stille zu stehen scheint, da eben sein Bild weiter von unsrem Auge entfernt ist.

mehr schieben wir die Sammel-Linse C ein in den Gang der aus dem Auge austretenden Lichtstrahlen, und zwar dergestalt, dass K in den vorderen Haupt-Brennpunkt dieser Sammel-Linse fällt. Die letztere bringt die schon zusammenstrebenden homocentrischen Strahlenbündel rascher zur Vereinigung und entwirft also von ab das Bild $a^1b^1 = \delta$. Für diese Sammel-Linse gilt natürlich die allgemeine Regel der zusammengehörigen Bilder (Th. I, S. 89):

a) $\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F}$. Nun ist hier β_1 (Gegenstand) $= \beta$; β_2 (Bild) $= \delta$; φ_1 (Gegenstand-Entfernung, gerechnet vom vorderen Haupt-Brennpunkt, d. i. von K) $= - aK = - R$. Der Gegenstand liegt eben im Gange der aus dem Auge k austretenden Lichtstrahlen, welcher durch den Pfeil angedeutet wird, jenseits der Sammel-Linse; seine Entfernung ist negativ zu nehmen. Darum wird aus der allgemeinen Gleichung a) in unsrem besondren Fall

b) $\frac{\beta}{-\delta} = \frac{-R}{F}$ oder, da die beiden Minus-Zeichen sich aufheben,

2) $\frac{\beta}{\delta} = \frac{R}{F}$. Vereinigt man die Gleichungen 1 und 2 (durch Multiplication), so folgt

3) $\frac{x}{-\delta} = \frac{y}{F}$, oder umgekehrt

I) $\frac{\delta}{-x} = \frac{F}{y} = V$ (Vergrösserung).

δ ist das schliessliche Bild, welches von dem untersuchenden Auge (M) betrachtet wird, und zwar aus der Entfernung der sogenannten mittleren deutlichen Seh-Weite $Ma^1 = 8-10$ Zoll (20—25 Ctm.). — x war die ursprünglich beleuchtete Netzhaut-Stelle; folglich ist $\frac{\delta}{-x}$ das lineare Verhältniss des schliesslichen Bildes zu dem ursprünglichen Gegenstand, (der beleuchteten Netzhaut-Stelle,) oder die lineare Vergrösserung (V). Das Minuszeichen bedeutet die Umkehr des Bildes. Ein in der Netzhaut höher gelegener Punkt liegt im schliesslichen Bilde tiefer: ein in der Netzhaut rechts belegener Punkt liegt im Bilde links. Unsre Formel $V = \frac{F}{y}$ ist allgemein giltig, weil wir sie abgeleitet haben, ohne besondre Voraussetzungen über die in Betracht kommenden Grössen zu machen.

Der besondre Fall, an den unsre Figur anknüpfte, war allerdings der eines kurzsichtigen Auges, dessen Fernpunkt-Abstand gleich R. Setzen wir R sehr gross (etwa 100 oder 1000 Zoll oder mehr), so wird praktisch das untersuchte Auge normalsichtig (emmetropisch). Nichts hindert, da R sich forthebt, die Giltigkeit der Formel auch für das normalsichtige Auge. Setzen wir hingegen R endlich und negativ, so erhalten wir das übersichtige Auge, für das ebenfalls die gleiche Formel gelten muss, da ja R sich forthebt.

Zum Ueberfluss kann man auch die obige Formel für das übersichtige Auge noch unmittelbar ableiten. Es sei (Fig. 13, S. 38) K der Knotenpunkt, $AB = x$ die erleuchtete Netzhaut-Stelle des übersichtigen Auges k_1; so werden die brechenden Mittel des letzteren ein Bild $ab = \beta$ von der beleuchteten Netzhaut-Stelle hinter dem Auge in seiner (negativen) Fernpunkt-Ebene ($R_1 R_2$) entwerfen. ($aK = R$; $AK = y$).)

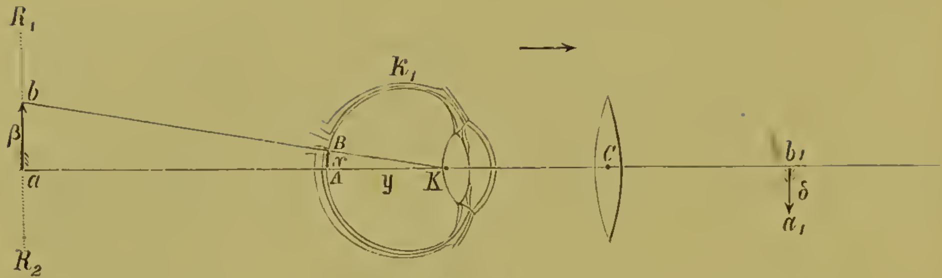


Fig. 13.

Von β entwirft die Sammel-Linse C (deren Haupt-Brennweite $F = KC$) ein umgekehrtes Bild $\delta = b^1 a^1$. Für das Auge k_1 gilt, da $\triangle ABK \sim \triangle abK$,

1) $\frac{x}{\beta} = \frac{y}{R}$. Für das Sammel-Glas gilt, da K sein vorderer Haupt-Brennpunkt,

2) $\frac{\beta}{-\delta} = \frac{R}{F}$. Durch Multiplication von 1 und 2 erhält man

3) $\frac{x}{-\delta} = \frac{y}{F}$ oder $\frac{\delta}{-x} = \frac{F}{y} = V$. (W. z. b. w.)

Wir wollen nunmehr untersuchen, wie die Vergrösserung V unter verschiedenen Verhältnissen sich gestaltet. V hängt ab von zwei Grössen: von F, der Brennweite der Sammel-Linse; und von y, der Netzhaut-Knotenpunkt-Entfernung. Beide Grössen sind veränderlich.

A. Um eine bessere Uebersicht zu gewinnen, wollen wir zunächst die eine der beiden Grössen, nämlich y, als gleichbleibend ansehen; und die andre, nämlich F, als veränderlich: d. h. wir untersuchen dasselbe Auge mittelst verschiedener Sammel-Gläser.

Für das schematische Auge (y = 15 Mm.) gilt,

wenn $F = 2$ Zoll = 54 Mm., $V = \frac{54}{15} = 3^1/_2$;

„ $F = 3$ „ = 81 „ $V = \frac{81}{15} = 5^1/_2$;

„ $F = 4$ „ = 108 „ $V = \frac{108}{15} = 7$.[1])

Die absoluten Werthe der Vergrösserungs-Zahlen sind für ametropische Augen, deren y von dem mittleren Werthe abweicht, verschieden von den genannten; aber das relative Anwachsen der Vergrösserungszahl bleibt

---

1) Genauer ist y = 16,6 Mm., also:

Wenn $F = 1^1/_2$ Zoll = 40 Mm.; $V = \frac{40}{16,6} = 2^1/_2$;

„ $F = 2$ „ = 54 „ $V = \frac{54}{16,6} = 3^1/_2$;

„ $F = 2^1/_2$ „ = 67 „ $V = \frac{67}{16,6} = 4$:

„ $F = 3$ „ = 81 „ $V = \frac{81}{16,6} = 5$;

„ $F = 4$ „ = 108 „ $V = \frac{108}{16,6} = 6^1/_2$.

dasselbe, wenn wir irgend ein besondres Auge erst mit der Sammel-Linse von 2 Zoll, dann mit der von 4 Zoll untersuchen. Denn V wächst mit F.

$$V_2 = \frac{F_2}{y}.$$
$$V_4 = \frac{F_4}{y}.$$
$$V_2 : V_4 = F_2 : F_4 = 2 : 4.$$

Schwächere Linsen, als solche von 4 Zoll, lassen sich nicht bequem bei den beweglichen Augenspiegeln verwenden, da bei freihändiger Führung der Sammel-Linse unser Finger keinen Stützpunkt mehr an dem Kopfe des Untersuchten finden würde. Im Allgemeinen muss man sich also bei dem Verfahren des umgekehrten Bildes mit einer etwa 3—6fachen Linear-Vergrösserung begnügen.

B. Sodann haben wir noch zu untersuchen, wie die Vergrösserung sich ändert, wenn wir mit demselben Sammel-Glas verschiedene Augen betrachten.

Jetzt ist F unverändert; y kann sich ändern. Im Allgemeinen ist bei Kurzsichtigkeit y grösser, als im Fall der Emmetropie; und bei Uebersichtigkeit kleiner. Da y umgekehrt proportional zu V, so wird bei Kurzsichtigkeit (Sehachsen-Verlängerung) die Vergrösserung des umgekehrten Bildes kleiner; bei Uebersichtigkeit (Achsen-Verkürzung) aber grösser als bei E, wenn man für alle drei Fälle dasselbe Sammel-Glas anwendet. Wenn wir $F = 3$ Zoll $= 81$ Mm. wählen; so wird für Achsen-Hypermetropie (H_A) $^1/_4''$ (= 10 D), wo $y = 12$ Mm., $V = \frac{81}{12} = 7$; für Emmetropie (E), wo $y = 15$ Mm., $V = \frac{81}{15} = 5^1/_2$; für Achsen-Myopie ($M_A$) $^1/_4''$ (= 10 D), wo $y = 18$ Mm., $V = 4^1/_2$. Wenigstens drücken die genannten Zahlen annähernd das Sachverhältniss aus.

In den selteneren Fällen der Krümmungs-Ametropie, wo y nahezu unveränderlich bleibt trotz Aenderung des Fernpunkt-Abstandes, ist auch V nahezu unveränderlich, wenn F beibehalten wird; d. h. V hat denselben Werth für H_K, E, M_K bei Benutzung desselben Sammel-Glases.

Die subjectiven Unterschiede der Vergrösserung, welche von den persönlichen Verschiedenheiten der Untersucher abhängen, haben wir natürlich ausser Acht gelassen und, wie bei der physikalischen Untersuchung der Mikroskop- oder Fernrohr-Vergrösserung, stillschweigend angenommen, dass das schliessliche Bild immer aus der gleichen Entfernung ($Ma^1 = 8$ Zoll $= 216$ Mm., Fig. 12) betrachtet werde. In aller Strenge ist dies nicht richtig, wiewohl es für eine sehr grosse Zahl der Untersucher gilt. Wer stark kurzsichtig ist, wird an das schliessliche Bild δ näher heranrücken, etwa bis auf 5 oder 4 Zoll; und, falls sein Auge sonst vollkommen scharfsichtig ist, mehr Einzelheiten in dem schliesslichen Netzhaut-Bilde wahrnehmen, das er (im Vergleiche zu dem Normal-Fall) gewissermaassen wie mit einer Ocular-Lupe betrachtet. Jedenfalls wäre es unvortheilhaft, wenn der Kurzsichtige bei dieser Untersuchungs-Methode sein zerstreuendes Fernglas aufbehielte oder hinter dem Spiegel anbrächte. Dagegen muss der übersichtige (h) oder der weitsichtige (presbyopische) Untersucher entweder diejenige convexe Brille auf-

setzen, welche seinen Nahepunkt auf etwa 8 Zoll heranrückt; oder er muss dasselbe Sammel-Glas in der kleinen Gabel hinter dem Hohl-Spiegel anbringen.

Manche Untersucher lieben es, noch stärkere Sammel-Lupen hinter dem Spiegel zu benützen und somit das gewonnene umgekehrte Netzhaut-Bild mit Hilfe eines Oculars noch weiter zu vergrössern. Wählt ein Emmetrop eine Lupe von 6 Zoll Brennweite, so wird dadurch das schliessliche Bild δ, dem er bis auf etwa 6 Zoll sein Auge angenähert hat, weiter abgerückt und vergrössert zu $\varDelta$; die Vergrösserung der Lupe v ist gleich $\frac{\varDelta}{\delta} = \frac{8}{6}$, d. h. die vorher gewonnenen Zahlen sind für diesen Fall noch mit $^4/_3$ zu multiplieiren. Man kann bei freihändiger Führung der Objectiv-Lupe von 4 Zoll Brennweite und Benutzung der Ocular-Lupe von 6 Zoll Brennweite die Vergrösserung des umgekehrten Netzhaut-Bildes eines emmetropischen Auges noch von 7 auf 9 steigern. Hiermit ist aber die Grenze erreicht. Gleichzeitig wird auch das Gesichtsfeld eingeengt. (Ebenso wenn man die Sammel-Linse zur Entwerfung des umgekehrten Bildes mit einer Zerstreuungs-Linse hinter dem Spiegel zu einer Art von Galilei'schem Fernrohr vereinigt.)[1] Weit zweckmässiger ist es, die stärkeren Vergrösserungen mit Hilfe des aufrechten Bildes zu gewinnen. Feststehende Augenspiegel gestatten freilich Objectiv-Lupen für das umgekehrte Bild von 6 Zoll Brennweite und mehr, und folglich Linear-Vergrösserungen von 10 und darüber.

6. Das Gesichtsfeld des umgekehrten Netzhaut-Bildes. Wenn die zum Entwerfen des umgekehrten Netzhaut-Bildes benutzte Sammel-Linse dem untersuchten Auge ganz nahe steht, so giebt dieselbe ein aufrechtes Bild von der Iris und der Pupille. Die Sammel-Linse wirkt hierbei wie eine gewöhnliche Lupe. Dieses aufrechte Bild des Pupillen-Randes umgrenzt und verengt das umgekehrte Bild der Netzhaut.[2]) Grade wegen dieser Ein-

---

1) Javal ersetzte die Rekoss'sche Scheibe durch ein kleines Galilei-sches Fernrohr. Als Spiegel benutzte er eine platinirte Glas-Platte. (Une lame unique de verre sur laquelle on a déposé un léger voile de platine métallique.) Daraus hat man im Graefe-Saemisch, I. Aufl., III 144 ein „Platin-Blech" gemacht! Vgl. Gaz. hebd. 1870 Nr. 18 und Annal. d'Oc. Band 63, S. 287. — Schumann setzt $+\frac{1}{12}''$ dicht vor das (atropinisirte) Auge des Untersuchten, bringt $-\frac{1}{6}''$ hinter dem Loch des Spiegels an und geht soweit zurück, bis er ein klares aufrechtes Netzhaut-Bild gewinnt. (C. Bl. f. Aug. 1880, S. 132 und 240. Der Augenspiegel von Dr. Schumann, Dresden 1880.)

2) Was für den Fall der H und der E (die als Grenzfall der H aufgefasst werden kann,) sofort einleuchtet; aber, wie eine einfache Construction zeigt, ebenso für M gilt. — Mit den beiden Sammel-Linsen des Augenspiegels (von $+ 2''$ und $+ 3''$ Brennweite) und dem durchbohrten Spiegel, der hier als Blende benutzt wird, kann man sich eine einfache (schematische) Anschauung dieser Verhältnisse verschaffen.

schränkung des Gesichtsfeldes bei der Untersuchung des umgekehrten Netzhaut-Bildes ist es unzweckmässig, die benutzte Sammel-Linse zu nahe (z. B. die von 2 Zoll Brennweite bis auf 1 Zoll) an das untersuchte Auge heranzubringen.

In älteren Abbildungen vom Augen-Hintergrunde (und auch in einzelnen neueren, die nicht zu loben sind,) findet man das Netzhaut-Bild allerdings umrahmt und eingeengt von dem Bilde der Regenbogenhaut. Schon 1852 hat Helmholtz das Richtige angegeben. Entfernt man nämlich die Sammel-Linse allmählich etwas weiter von dem untersuchten Auge, so rückt die Pupille des letzteren (bezw. ihr von der brechenden Hornhaut-Fläche entworfenes Bild) allmählich näher heran an die vordere Haupt-Brenn-Ebene des Sammel-Glases; und das aufrechte Bild der Pupille, welches das Sammel-Glas dem Beschauer liefert, wird immer grösser und ferner und verschwindet schliesslich ganz aus dem Gesichtsfeld des für das endliche, nahe, reelle, umgekehrte Luftbild der Netzhaut eingestellten Beobachters. Der Durchmesser dieses umgekehrten Netzhaut-Bildes (oder die Grösse des Gesichtsfeldes bei der Betrachtung des umgekehrten Netzhaut-Bildes) hängt dann nur noch ab von dem Durchmesser der Sammel-Linse.

Für die Sammel-Linsen kurzer Brennweite (2—3″), welche wir in der Regel benutzen, ist Helmholtz's Regel ganz richtig: sowie die Pupille des untersuchten Auges in die Nähe des Brennpunktes von dem abrückenden Glase kommt, verschwindet ihr Bild aus unsrem Gesichtsfeld. Bei Sammel-Linsen von längerer Brennweite muss der Abstand der Pupille grösser sein; es müssen die Pupillen-Ebenen der beiden Augen, des untersuchten wie des untersuchenden, zwei zusammengehörige Bild-Ebenen für die benutzte Sammel-Linse darstellen, und das Pupillen-Bild des beobachteten Auges, welches von der Sammel-Linse entworfen wird, darf keinesfalls kleiner, als die Pupille des beobachtenden Auges, werden.[1])

Eine einfache Anschauung dieser wichtigen Thatsachen gewinnt man ohne jede Rechnung, wenn man die zur Untersuchung des umgekehrten Netzhaut-Bildes benutzte Sammel-Linse von 2 Zoll Brennweite gegen das etwa 10—15 Fuss entfernte Fenster hält, während das rechte Auge des Beobachters (bei Verschluss des linken) etwa 12 Zoll diesseits der Linse sich befindet.

Man sieht auf diese Weise ein umgekehrtes Bild von einem gewissen Theile des Fensterkreuzes. Das Bild, welches eine bestimmte lineare Grösse hat, schwebt in Wirklichkeit zwischen der Sammel-Linse und dem beobachtenden Auge, scheint aber auf der Fläche des Sammel-Glases zu liegen und die ganze Ausdehnung des letzteren zu überdecken. Man erkennt dabei auch

---

1) Vergl. M. W. af Schulten, Archiv f. Physiol. 1882, S. 285; Hirschberg, Centralbl. f. Augenheilk. 1882, S. 373; Ulrich, Klin. M. Bl. f. A. 1881, S. 205.

sofort, dass die Rand-Zone des Bildes verzerrt ist. Jetzt bringt man bei unverrückter Haltung des Glases und des Kopfes eine undurchsichtige Scheibe mit einer mittleren Durchbohrung von etwa 3 Mm. Durchmesser (die Hinterfläche des gewöhnlichen Augenspiegels) dicht hinter das Sammel-Glas, gegen das Fenster zu. Nur einen kleinen mittleren Theil des sonst unveränderten Fenster-Bildes vermögen wir nunmehr zu überschauen. Sowie aber der Schirm mit der Durchbohrung langsam von der feststehenden Sammel-Linse gegen das Fenster zu abgerückt wird, wächst die Ausdehnung unsres Gesichtsfeldes vom Fenster-Bild: und, wenn der Schirm ungefähr in die vordere Haupt-Brenn-Ebene des Sammel-Glases hineingelangt ist, wird das Gesichtsfeld wieder genau so gross, wie ohne Schirm, d. h. das Fensterbild erfüllt scheinbar die ganze Ausdehnung des Sammel-Glases. Wird aber endlich der Schirm noch weiter in der gleichen Richtung entfernt, so schränkt sich das Gesichtsfeld wieder ein; die Sammel-Linse entwirft jetzt von der Durchbohrung ein umgekehrtes reelles Bild von endlicher Grösse, dessen Rand wiederum die Grenze des Gesichtsfeldes einengt.

Mit der Untersuchung des umgekehrten Netzhaut-Bildes bezwecken wir eine ausgedehnte Durchmusterung des Augengrundes bei schwacher Vergrösserung, aber weitem Gesichtsfeld. Deshalb werden wir immer die Sammel-Linse (wenn wir nicht die vor der Netzhaut befindlichen Theile beobachten wollen,) so halten, dass der Pupillen-Rand aus dem Gesichtsfeld verschwindet. Wir beginnen also damit, das Sammel-Glas von 2 Zoll Brennweite dem untersuchten Auge nahe vorzuhalten, etwa bis auf $1^1/_4$ Zoll, und entfernen es ganz langsam, bis eben der Pupillen-Rand aus dem Gesichtsfeld verschwindet.

Um die Grösse des Gesichtsfeldes bei dem Verfahren des umgekehrten Netzhaut-Bildes wirklich zu berechnen, benutzen wir wiederum das Gesetz der Umkehrbarkeit des Strahlen-Ganges.

Es ist klar, dass nur von denjenigen Punkten der untersuchten Netzhaut Lichtstrahlen in das untersuchende Auge gelangen können, zu denen auch umgekehrt von der Netzhaut des Untersuchers durch die Sammel-Linse hindurch Licht vordringen kann. (Vgl. Fig. 14.)

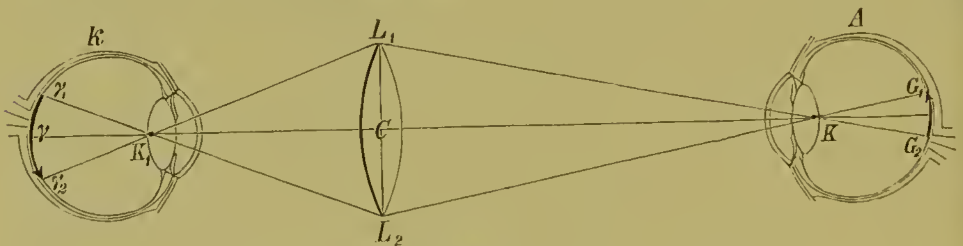


Fig. 14.

Ziehen wir von den Enden (Scheitel-Punkten) der Sammel-Linse, von L_1 und L_2, Richtung-Strahlen durch den Knotenpunkt K des untersuchenden Auges A; so umgrenzen dieselben ein scheinbar von diesem Knotenpunkt ausgehendes Strahlen-Bündel ($L_1 L_2 K$)[1]) und auf der untersuchenden Netz-

1) Jeder Strahl dieses Bündels wird Achsen-Strahl eines von einem Punkt der untersuchten Netzhaut ausgehenden Strahlen-Bündels.

haut das Maximum des subjectiven Gesichtsfeldes ($G_1 G_2$). KC ist ungefähr 12 Zoll (= 30 Ctm.), die Entfernung zwischen der Sammel-Linse und dem untersuchenden Auge. Ein von K ausgehendes Strahlen-Bündel wird durch die Linse von 2 Zoll Brennweite dicht hinter ihrem Hauptbrennpunkt vereinigt. Der letztere fällt nahezu zusammen mit K_1, dem Knotenpunkt des untersuchten Auges k. Folglich wird das Strahlen-Bündel $KL_1 L_2$ durch die Sammel-Linse C gebrochen zu dem zusammenstrebenden Strahlen-Bündel $L_1 L_2 K_1$, welches, da es nahezu durch den Knotenpunkt des untersuchten Auges geht, nicht wesentlich abgelenkt wird, und schliesslich auf der untersuchten Netzhaut die Strecke $\gamma_1 \gamma_2$ umgrenzt, das Maximum des sichtbaren objectiven Gesichtsfeldes.

Es ist nahezu, wenn man von der ganz leichten Knickung der Strahlen $L_1 \gamma_2$ und $L_2 \gamma_1$ absehen will und $\gamma_1 \gamma_2$ als einen verhältnissmässig kleinen Bogen betrachtet,

$$\text{I)}\ \frac{\gamma_1 \gamma_2}{L_1 L_2} = \frac{\gamma K_1}{K_1 C},$$

(da $\triangle\, \gamma_1 \gamma_2 K_1 \sim \triangle\, K_1 L_1 L_2$). Setzt man $\gamma_1 \gamma_2 = G$; $L_1 L_2 = B$; $\gamma K_1 = y$; $K_1 C = F$: so folgt

$$\text{II)}\ G = \frac{B}{F} \cdot y.$$

Verwendet man gehörig abgeschliffene Linsen, um die Rand-Verzerrung des Bildes zu vermeiden, so wird B (die Breite der Sammel-Linse) etwa gleich 1 Zoll, während F, die Brennweite derselben, gleich 2 oder 3 Zoll zu sein pflegt.

Man erhält also für die Constante $\frac{B}{F}$ den Bruch $^1/_2$, bezw. $^1/_3$.

Die Grösse y ist für das schematische Auge gleich 15 Mm. Folglich wäre die lineare Ausdehnung des Gesichtsfeldes beim umgekehrten Netzhaut-Bilde G = 5 bis 7,5 Mm., oder G = 3 bis 5 P, wenn P die Breite des Sehnerven-Eintritts. (*Papilla optica* = 1,5 Mm.) In der That entspricht dies der Beobachtung. Allerdings wird das theoretische Maximum des Gesichtsfeldes insofern praktisch nicht völlig erreicht, als das Beleuchtungsfeld der Netzhaut gemeinhin etwas kleiner bleibt, namentlich in wage-rechter Ausdehnung, wegen der verhältnissmässigen Schmalheit der gewöhnlich zur Beleuchtung benutzten Lichtflammen.[1])

Stellt beistehende Kreisfläche (Fig. 15) das theoretische Maximum des Gesichtsfeldes dar, so bleibt der schraffirte Theil unbeleuchtet; nur in dem beleuchteten Theil erkennt man den Sehnerv mit den Netzhaut-Gefässen. Ich finde bei der gewöhnlich benutzten Gasflamme die Höhe des Beleuchtungs-Feldes gleich 2,5 P,

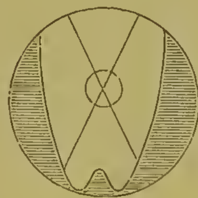


Fig. 15.

1) Man hat vorgeschlagen, durch Milchglas-Glocken um die Flamme die Lichtquelle zu verbreitern, wobei allerdings die Helligkeit sinkt; oder ein Lese-Glas von + 4″ Brennweite und 4″ Breite, ungefähr 4″ entfernt, der Flamme vorzuhalten. (Schnabel.) Mit der Flamme einer gewöhnlichen Gas-Lampe oder einer guten Oel- oder Erd-Oel-Lampe reicht man aus für die Bedürfnisse der Praxis. (Wir werden auf die Licht-Quellen noch einmal zurückkommen.) — Vgl. Prager med. W. 1892, Nr. 30.

bezw. 4 P (unter Anwendung einer Sammel-Linse von 3″, bezw. 2″ Brennweite); und die Breite etwas geringer als die Höhe, etwa im Verhältniss von 3 zu 4.[1])

Immerhin ist es von Wichtigkeit, ein Verfahren zu besitzen, welches gestattet, die drei- und selbst sechs-fache lineare Ausdehnung des Sehnerven-Eintritts auf einmal zu überschauen, während bei der Anwendung des aufrechten Bildes die lineare Ausdehnung des Gesichtsfeldes etwa auf $1^1/_2$ bis 2 P beschränkt bleibt.

Bei allen ärztlichen Untersuchungen ist ein weites Gesichtsfeld von grosser Bedeutung, um gesunde Theile mit kranken unmittelbar vergleichen zu können. So hoch wir auch das aufrechte Bild schätzen, wegen der Einfachheit, Klarheit und starken Vergrösserung; so dürfen wir uns doch nicht verhehlen, dass in vielen Fällen (Netzhaut-Ablösung, Neubildung, Fremdkörper, Blasenwurm u. A.) nur ein grosses Gesichtsfeld uns eine vollständige Uebersicht über die krankhaften Veränderungen gewährt: so dass man in jedem Falle, wenn möglich, beide Verfahren anzuwenden hat, ehe man eine genauere Diagnose abgiebt.

Vergrösserung und Gesichtsfeld-Ausdehnung stehen in einem gegensätzlichen Verhältnisse. Bei dem umgekehrten Netzhaut-Bilde ist $V = \frac{F}{y}$, die Vergrösserung umgekehrt proportional zu y. Hingegen ist $G = c \cdot y$, wo c eine Constante ($= 1/_2$ bis $1/_3$): das Gesichtsfeld ist direct proportional zu y. Darum ist G auch grösser bei Achsen-Myopie, als bei E, da y bei ersterer grösser; und G ist kleiner bei Achsen-Hypermetropie, als bei E. Die Vergrösserung verhielt sich umgekehrt. Bei Krümmungs-Ametropien ist G ungefähr ebenso gross, wie bei E, falls dasselbe Sammel-Glas verwendet wird.

Für ein und das nämliche Auge ist G grösser, je kürzer die Brennweite des Sammel-Glases; also bei einer Sammel-Linse von + 2″ Brennweite grösser, als bei einer von + 3″. Linsen, deren Brennweite kürzer als $^5/_4$″, werden nicht verwendet, weil die Vergrösserung zu gering ausfällt, und damit die Verwerthung des Bildes schwierig wird. (Für $F = {}^5/_4$″, $B = {}^3/_4$″ wird $G = {}^3/_5\, y = 9$ Mm. = 6 P.) — Man soll die Durchmusterung des Augengrundes mit einer dickeren Sammel-Linse von ($1^1/_2$″ oder) 2″ Brennweite beginnen und darnach zu stärkerer Vergrösserung bei engerem Gesichtsfelde schreiten, also zu schwächeren Sammel-Linsen für das umgekehrte Bild greifen, bezw. überhaupt zu dem aufrechten Bilde übergehen. Für dasselbe untersuchte Auge und dasselbe F der Sammel-Linse ist G grösser, je grösser die Breite (B, Apertur) der Linse: das folgt aus Gl. II (S. 43) $G = \frac{B}{F} \cdot y$. Trotzdem wird man gut thun, den Rand-Theil der Linse abschleifen zu lassen, damit nicht die Verzerrung des Rand-Streifens im

1) Durch Bewegung des Spiegels oder durch Drehung des untersuchten Auges kann man, namentlich im umgekehrten Bild, weit bis zur Peripherie des Augengrundes vordringen, bis über den Aequator hinaus, ja bis zur vorderen Grenze der licht-empfindlichen Netzhaut, d. h. bis 8,5 Mm. vom Hornhaut-Rande. (Groenouw) und bis zur Ora serrata (Reimar). Vgl. A. f. A. 35, 3, S. 1 u. 29 und 41, 1, S. 102. Galezowski benutzt eine prismatisch wirkende Sammel-Linse (Lentille-prisme). Ann. d'Oc. 108, S. 101.

Augengrund-Bilde zu erheblich werde. Auch bezüglich der Breite der Linse, und folglich des Gesichtsfeldes im umgekehrten Bilde, würden feststehende Spiegel recht nützlich sein, wenn nicht die schon gerügten Grundfehler derselben ihren Gebrauch so wesentlich einschränkten.

7. Die Beleuchtungs-Verhältnisse des umgekehrten Netzhaut-Bildes sind recht verschieden für die verschiedenen Fälle.

Die Helligkeit der Beleuchtung des umgekehrten Netzhaut-Bildes genau zu berechnen, möchte sich kaum verlohnen, da wir erstlich zu verschiedene Lichtflammen anwenden und zweitens die Helligkeit der Beleuchtung nach Bedürfniss zu ändern im Stande sind,[1]) sei es durch Vergrösserung oder Verkleinerung der Lichtflamme, sei es durch Annäherung oder Entfernung derselben.

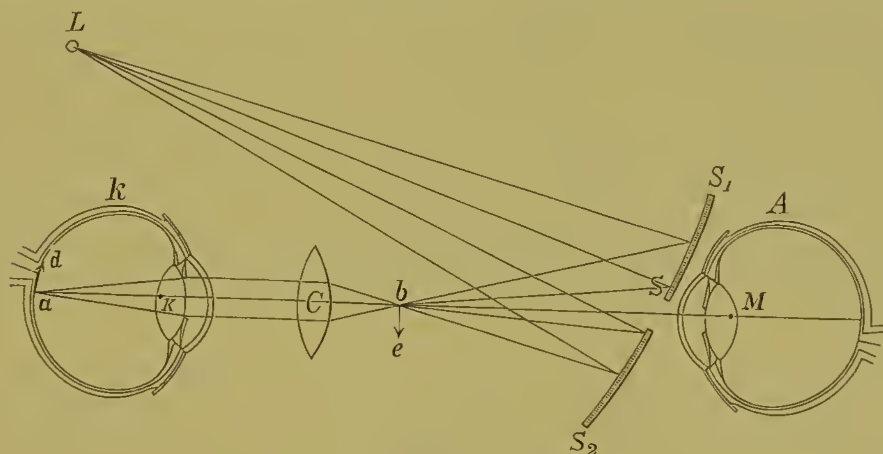


Fig. 16.

Dagegen möchte es nützlich sein, von dem Strahlen-Gang kurz Rechenschaft abzulegen. Wir wählen den Hauptfall, dass das untersuchte Auge *k* normalsichtig (emmetropisch) ist, und beginnen mit der erleuchteten Netzhaut-Stelle. Das von einem Punkte *a* der letzteren zurückkehrende Strahlenbündel verläuft ausserhalb des untersuchten Auges als paralleles Bündel, fällt so auf die Sammel-Linse *C*, welche eine Brennweite von 3″ (= 7,5 Ctm.) haben mag, und wird von der Linse in ihrer Haupt-Brenn-Ebene (bei *b*) zu einem punktförmigen Bilde vereinigt. (Fig. 16.)

In der Ebene *be* liegt das umgekehrte Bild der Netzhaut-Stelle *ad*, welche mittelst des Augenspiegels erleuchtet worden. Das beobachtende

1) Helmholtz hat (S. 14 fgd.) eine mathematische Ableitung der Helligkeit für seinen Spiegel geliefert, aber gleich bemerkt, für diejenigen Leser, denen die hierbei vorkommenden physikalischen Begriffe nicht geläufig sind, dass diese Auseinandersetzung für das Verständniss des weiteren nicht nothwendig sei.

Auge A möge jenes Bild aus einer Entfernung von etwa 8″ (= 20 Ctm.) betrachten. Dann ist der gesammte Zwischenraum zwischen den beiden Augen[a)] $J = 8 + 3 + 3 = 14$ Zoll (oder 35 Ctm.).

a) Interocular-Distanz.

Auf denselben Bahnen, auf denen das Licht zurückgekehrt ist, konnte es auch eintreten. Wenn also L die seitlich neben dem Kopf des Untersuchten stehende Lichtflamme bedeutet, so wäre eine ganz zweckmässige Art der Beleuchtung so herzustellen, dass in der Ebene be das Bild von L, mittelst des Hohlspiegels $S_1 S_2$, entworfen werde. Um die passende Brennweite dieses Spiegels zu finden, berücksichtigen wir, dass die Entfernung desselben von der Lampenflamme etwa 20—24″ betragen wird.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} = \frac{1}{6}$$ [1]).

Die Brennweite des Spiegels muss etwa 6 Zoll (= 15 Ctm.) betragen. Und dies ist in der That der gewöhnliche Werth.

Ist der Arzt stark kurzsichtig, so kann er einen Spiegel von kürzerer Brennweite wählen, oder — was i. A. minder zweckmässig ist, — seinen Fernpunkt durch ein Zerstreuungs-Glas auf etwa 8″ hinausrücken. Ist der Arzt über- oder alter-sichtig, so muss er durch ein Sammel-Glas hinter dem Spiegel-Loch seinen Fernpunkt bis auf etwa 8″ heranrücken.[2])

Ist der Untersuchte übersichtig, so liegt das umgekehrte Netzhaut-Bild weiter ab von der Sammel-Linse, in der Richtung Cb jenseits b; ist der Untersuchte kurzsichtig, so liegt das Netzhaut-Bild diesseits b. Dem entsprechend hat der Untersucher sein Auge ein wenig näher oder weiter von der Sammel-Linse zu halten. Das wird manchmal übersehen, und das Netzhaut-Bild undeutlich.

Nothwendig ist es keineswegs, dass das Spiegel-Bild der Lichtflamme und das umgekehrte Netzhaut-Bild zusammenfallen, oder, was dasselbe bedeutet, dass man auf der untersuchten Netzhaut ein scharfes Bild der Beleuchtungs-Flamme wahrnehme. Gewöhnlich wird es nicht so sein,[3]) wenigstens nicht genau so.

---

1) Vgl. Th. I, S. 195, Gl. III.

2) Und ohne Anstrengung der Accommodation beobachten.

3) Hasner giebt ein andres Beispiel der Beleuchtung, wobei das Flammen-Bild auf der Netzhaut nicht möglichst scharf, sondern möglichst gross wird. Er setzt $LS = 18''$, $F = 7''$, $CS = 6^1/_2''$, $Ck = 2''$. Dann entsteht das Flammenbild nahezu in der vorderen Haupt-Brenn-Ebene des Auges; von jedem Punkt dieses Flammen-Bildes wird auf der Netzhaut ein Zerstreuungskreis gebildet, so gross wie die Pupille.

Für den Spiegel gilt $\frac{1}{F} = -\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

Uebrigens möge man nicht vergessen, dass das hinter dem Spiegel-Loch befindliche Auge des Arztes das vom Spiegel entworfene Flammen-Bild *be* nicht sehen kann, wohl aber die secundären Spiegel-Bilder des Flammen-Bildes, welche von den beiden Begrenzungs-Flächen der Sammel-Linse und von derjenigen der Hornhaut zurückgeworfen werden. Das Reflex-Bild an der Hornhaut kann man nicht bequem [1]) ausschliessen; die der Sammel-Linse entfernt man, wenn sie stören, durch eine leichte Drehung der Sammel-Linse (um ihre wagerechte Achse).

8. Das umgekehrte directe Bild. Ehe wir die Darstellung des umgekehrten Bildes verlassen, ist es nothwendig, noch eines Falles zu gedenken, der eine ganz besondre Wichtigkeit besitzt. Ich meine die hochgradige Kurzsichtigkeit, wenn der Fernpunkt-Abstand *KR* des untersuchten Auges 6 Zoll (= 15 Ctm.) oder weniger beträgt.

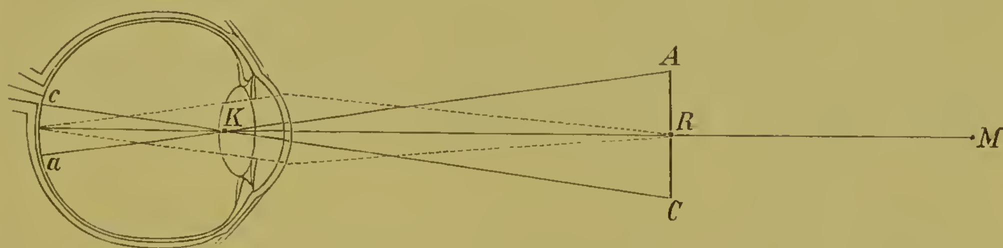


Fig. 17.

Es sei $KR = 3$ Zoll oder 7,5 Ctm. (Fig. 17). Wenn in *R* der leuchtende Gegenstand *AC* steht, so wird der ruhende, dioptrische Apparat des Auges auf der Netzhaut das Bild *ca* von *AC* entwerfen. Ist umgekehrt die Netzhaut-Stelle *ca* mit Hilfe des Augenspiegels erleuchtet, so wird der dioptrische Apparat des Auges selber, falls seine Accommodation erschlafft ist. d. h. falls das Auge im verdunkelten

---

oder $\frac{1}{7} = -\frac{1}{16} + \frac{1}{f_2}$; $f_2 = 11{,}45''$.

Für die Sammel-Linse gilt $\frac{1}{2} = \frac{1}{-4{,}95} + \frac{1}{f_2}$, also $f_2 = 1{,}42''$.

Auch Dimmer (A. f. O. XLIV, 1, S. 5, 1897) verlegt, um ein grosses Beleuchtungs-Feld zu gewinnen, das Flammen-Bild dicht vor die untersuchte Pupille. Er macht $LS = 40$ Ctm., *F* des Spiegels 50, der Linse 15 Ctm., und benutzt überhaupt für die verschiedenen Aufgaben 4 verschiedene Spiegel, was Andre auch thun.

1) Nur durch einen Polarisations-Apparat, der für den Arzt ebenso unnöthig, wie unpraktisch ist; oder, in einem stabilen Augenspiegel von W. Thorner, durch ein total reflectirendes Prisma in der Beleuchtungs-Röhre.

Zimmer ruhig grade-aus in die Ferne blickt, von *ca* das Bild *AC* in *R* entwerfen. Dieses reelle Bild *AC* vermag der Beobachter *M* unmittelbar wahrzunehmen, wenn sein Auge um die Entfernung seiner eignen deutlichen Sehweite, wir wollen sagen um 10 Zoll (= 25 Ctm.), von *AC*, d. h. um 3 + 10 = 13 Zoll (= 32,5 Ctm.) von dem untersuchten Auge entfernt ist. Eine Sammel-Linse ist zur Entwerfung dieses umgekehrten Netzhaut-Bildes *AC* nicht erforderlich; dieselbe ist gewissermassen in dem scheinbar zu stark brechenden, kurzsichtigen Auge des Untersuchten schon *mit* enthalten.

Man sieht auch sofort, weshalb dieses Verfahren nur bei *starker Kurzsichtigkeit* des Untersuchten anwendbar ist; nicht bei schwacher, vollends nicht bei Emmetropie oder Hypermetropie. Sei *KR* = 20 Zoll, so liegt das Bild *AC* etwa 20 Zoll (= 45 Ctm.) von dem untersuchten Auge entfernt. Der Untersucher *M* soll noch um weitere 10 Zoll (= 25 Ctm.) sich entfernen, d. h. es wird *KM* = 30 Zoll oder 70 Ctm. Dann erwächst zunächst die Schwierigkeit, die Pupille aus 30 Zoll Entfernung gut und stetig zu beleuchten. Ferner erscheint die Pupille aus 30 Zoll Entfernung so klein, dass innerhalb ihres Rahmens nicht viel von der untersuchten Netzhaut zu sehen ist, dass z. B. *die Breite eines Netzhaut-Gefässes die ganze Pupille deckt.*

Aber eben bei der *hochgradigen Kurzsichtigkeit* des Untersuchten ist dieses *directe Verfahren*,[1]) das umgekehrte Bild ohne Sammel-Glas zu gewinnen, äusserst bequem; — es liefert meist den ersten Fall, wo der Schüler sofort und erfreut ein Augengrund-Bild wahrnimmt, und ist gleichzeitig sehr wichtig, weil es das einfachste Mittel darstellt, um den genannten *Brechzustand objectiv* zu erkennen.

Wir wollen annehmen, dass der Untersucher einen festen Fernpunkt-Abstand *R'* = 10 Zoll oder 25 Ctm. besitze, d. h. feinste Schrift nur bis auf *diese* grösste Entfernung lese und bei der Untersuchung seine Accommodation auch genügend erschlaffe.[2]) Wenn nun der Unter-

---

1) Man unterscheide das *directe* Netzhaut-Bild, das ohne vorgehaltenes Sammel-Glas (von 2″ oder 3″ Brennweite) gewonnen wird, von dem *indirecten*, das erst durch Vorhalten des Sammel-Glases in die Erscheinung tritt. Das directe Bild kann umgekehrt sein, bei hochgradiger *M* des Untersuchten; oder aufrecht, — bei *H* desselben.

2) Wenn der Untersucher nicht eine Kurzsichtigkeit von 10 Zoll, sondern eine solche von 5 Zoll besitzt, so muss er seinen Fernpunkt-Abstand auch immer mit 5 Zoll in Rechnung bringen; oder aber durch ein Zerstreuungs-Glas von — 10 Zoll, das hinter dem Spiegel angebracht wird, seinen Fern-

sucher aus der Entfernung von 12—15 Zoll das zu untersuchende Auge beleuchtet und ein mehr oder minder scharfes Bild der Netzhaut-Gefässe oder des Sehnerven-Randes wahrnimmt, so besteht Kurzsichtigkeit des Untersuchten, falls jenes Bild ein umgekehrtes ist.

Dem Bilde als solchem kann man nicht bequem ansehen, ob es ein aufrechtes oder ein umgekehrtes ist, da der Augengrund um den Mittelpunkt des Sehnerven-Eintritts eine Kreisfläche von gleichförmiger Anordnung darzustellen scheint, wenigstens für die erste und nächste Betrachtung. Aber jedes umgekehrte dioptrische Bild, also auch das des Augengrundes, verräth sich durch zwei ganz bestimmte optische Eigenschaften:

I. Geht der Untersucher mit seinem Auge dicht an das untersuchte Auge heran, so verschwindet das Bild, falls es ein umgekehrtes war. Denn das letztere ist reell und liegt etwa 2—6 Zoll vor dem untersuchten Auge; kann also gar nicht gebildet, vollends vom Untersucher nicht wahrgenommen werden, wenn dessen Auge 1 Zoll vor dem untersuchten steht. (Dagegen verschwindet ein aufrechtes Netzhaut-Bild nicht bei der Annäherung, weil es virtuell ist und seine scheinbare Lage hinter dem untersuchten Auge hat.)

II. Geht der Untersucher mit seinem Kopfe nach seiner rechten Seite hin, so verschwindet ein Netzhaut-Gefäss, das er innerhalb des Rahmens der erleuchteten Pupille des Untersuchten zu sehen glaubt, nach der entgegengesetzten Seite, d. h. hinter dem nach der linken Seite des Beobachters zu gelegenen Rande der Pupille des untersuchten Auges.

Dies folgt aus einer allgemeinen Eigenschaft eines jeden umgekehrten dioptrischen Bildes, aus der Ueberkreuzung der Richtung-Strahlen im Knotenpunkt des dioptrischen Apparates.[1])

---

punkt von 5 Zoll bis auf 10 Zoll hinausrücken. Wenn der Untersucher emmetropisch ist, so muss er künstlich eine Kurzsichtigkeit von 10 Zoll sich zulegen, indem er eine Sammel-Linse von 10 Zoll hinter dem Loche seines Spiegels befestigt und sich auch einübt, mit diesem Apparat genau bis auf 10 Zoll Entfernung feinste Schrift zu lesen. Ist der Untersucher übersichtig, so braucht er eine etwas stärkere Convex-Linse, um bei erschlaffter Accommodation $R' = 10$ Zoll zu erlangen.

1) Eine einfache Anschauung von dem Gesagten kann man ohne jede Rechnung folgendermaassen sich verschaffen. Man schliesst das eine seiner Augen (etwa das linke) und hält dem andren (dem rechten) in gehöriger Entfernung von etwa 12—15 Zoll ein Sammel-Glas von 2 Zoll Brennweite vor, welches gegen eine um etwa 3 Fuss entfernte Lichtflamme gerichtet ist: man

Hat der Beobachter, dem wir einen festen Fernpunkt-Abstand von 10 Zoll beigelegt haben, die Ueberzeugung erlangt, dass das directe Netzhaut-Bild, welches er ohne Hilfe einer vorgehaltenen Sammel-Linse gewonnen, ein umgekehrtes ist; so lässt er den Untersuchten ruhig grade-aus blicken, damit dessen Accommodation möglichst erschlafft werde; fixirt in dem Bilde den Schläfen-Rand des Sehnerven-Eintritts, indem er aus der Fixations-Linie des Untersuchten langsam in wagrechter Richtung ein wenig (um circa 12°) nach der Schläfen-Seite des letzteren geht; und sucht nunmehr durch Entfernung seines eignen Kopfes den grössten Abstand, in welchem er ein scharfes Bild des Schläfen-Randes vom Sehnerven, beziehungsweise der nach dem gelben Fleck hinziehenden feinen, wagerechten Netzhaut-Blutgefässchen zu gewinnen vermag. Es sei dabei der Abstand zwischen dem beobachtenden und dem beobachteten Auge gleich A (etwa in Zollmaass) gefunden. Dann gilt $A - a = m$, wo a den grössten Lese-Abstand des Arztes für feinste Schrift, also in unsrem Beispiel 10 Zoll, und m das Maass der Kurzsichtigkeit des Untersuchten, seinen Fernpunkt-Abstand, bedeutet. Man kann die letztere so bis auf 1 Zoll oder selbst bis auf $^1/_2$ Zoll genau ermitteln.[1])

Künstliche Erweiterung der untersuchten Pupille ist selten erforderlich bei durchsichtigen Augen; allerdings bei wohl eingeübten Schein-Kranken[a)] könnte man in die Lage kommen, einige Tropfen einer 1 %igen Atropin-Lösung vorher in den Bindehaut-Sack zu träufeln. Ist der lichtbrechende Theil des untersuchten Auges unregelmässig, bestehen namentlich, wie so häufig bei starker Kurzsichtigkeit, Hornhaut-Flecken oder Astigmatismus; so kann man aus dem directen Netzhaut-Bilde die optische Werthigkeit des Auges unmittelbar ablesen.

a) Simulanten.

---

erblickt das umgekehrte Flammen-Bild, welches thatsächlich zwischen Linse und Auge, etwas über 2 Zoll von der Linse entfernt, in der Luft schwebt; scheinbar aber auf der Fläche der Sammel-Linse liegt. Nun hält man die Linse fest, während die Licht-Flamme feststeht, und nähert sein Auge der Linse bis auf einen Zoll an; das umgekehrte Flammen-Bild ist verschwunden. (Ein verschwommenes, aufrechtes kann undeutlich gesehen werden.) Jetzt geht man wieder zurück mit dem Auge in die Anfang-Stellung, bis das umgekehrte Flammen-Bild deutlich sichtbar geworden, und bewegt den Kopf ein wenig nach rechts, während der Arm, der die Linse hält, und die Licht-flamme unbeweglich bleiben: sofort rückt das umgekehrte Flammen-Bild nach der linken Seite.

1) Diese Untersuchung kommt beim Aushebungs-Geschäft in Betracht. Starke Kurzsichtigkeit (> 6 D.) befreit vom Dienst und wird öfters erheuchelt.

Zur leichteren Messung bedient man sich eines den Handwerkern wohlbekannten Bandmaasses in Kapsel, das nur so lange sich abwickeln lässt, als man mit dem Finger auf einen Knopf der Kapsel drückt; sowie die grösste Entfernung erreicht ist, lässt man den Finger los und liest die Länge des Bandmaasses ab, das am Nullpunkt der Theilung eine Oese hat, in welche der Stiel des kleinen Augenspiegels gesteckt ward. Die Theilung ist in Zoll- und Centimeter-Maass. Die einzige Unbequemlichkeit liegt darin, dass man eben das andre (vordere) Ende des Bandmaasses nicht an den Scheitel der untersuchten Hornhaut bringen kann, so dass hierdurch eine kleine Ungenauigkeit eingeführt wird. Doch verlohnt es sich kaum, um dessentwillen den Kranken in einen feststehenden Apparat einzusperren. Solche sind allerdings empfohlen worden für diejenigen Fälle von stärkster Kurzsichtigkeit, welche durch operative Entfernung der Krystall-Linse geheilt d. h. annähernd emmetropisch gemacht werden sollen, und welche naturgemäss eine ganz besondre Genauigkeit in der vorhergehenden Messung erfordern. Schweigger's electrischer Augenspiegel, der diesem Zwecke dient, wird später (im Kapitel 12) beschrieben werden.[1])

Die beschriebene Untersuchung ist um so werthvoller, als bei den sehr hohen Graden der Kurzsichtigkeit die objective Messung mit Hilfe des aufrechten Bildes nicht so ganz leicht ist und nur von einem geübteren Beobachter und mit einem guten Spiegel sicher ausgeführt wird. So dringend die Einübung des aufrechten Netzhaut-Bildes anempfohlen werden muss, so sicher ist für die höchsten Grade der Kurzsichtigkeit des Untersuchten das directe umgekehrte Netzhaut-Bild von besondrem Werthe. Wenn die Hausthür offen ist, soll man sogar in sein eigenes Haus nicht zum Fenster einsteigen.

Anm. 1. Die oben erwähnte Einübung des eignen Auges, welche auch für das Verfahren des aufrechten Bildes unerlässlich ist, macht man folgendermaassen.

An einer gut beleuchteten Wand wird eine sehr feine Schriftprobe, die eben noch bis auf 10″ = 25 Ctm. Entfernung gut zu erkennen ist, — z. B. aus Burchardt's Schriftproben-Sammlung, oder die photographische Verkleinerung eines Drucks, — sorgfältig befestigt. Der Beobachter verhängt das eine seiner beiden Augen, z. B. das linke, mit einer Klappe und hält vor das andre den Augenspiegel, hinter dessen Loch das Glas + 10″ = 4 *D* sich

---

1) Eine Art von feststehendem Optometer, wo die Hornhaut-Kuppe durch einen Visir-Apparat auf den Nullpunkt einzustellen ist, und der Kranke den als Gesichts-Zeichen dienenden Cocon-Faden genau in seine Fernpunkt-Ebene hinein schiebt, hat Otto für diesen Zweck angegeben. (Arch. f. O. XLIII, 2, 347.)

befindet. Nunmehr nähert er das so bewaffnete Auge den Schriftproben an, bis er sie deutlich und scharf erkennt; und rückt dann ganz allmählich das Auge ab, bis zu der grössten Entfernung E, indem er das scharfe Bild bei möglichst erschlaffter Accommodation zu bewahren strebt. Zuerst ist E gewöhnlich kleiner, als $10'' = 25$ Ctm. Die Uebungen werden regelmässig fortgesetzt, bis nahezu $10''$ erreicht werden. Jedes Auge wird für sich geübt, denn ein linkisches Auge stört gewaltig beim Spiegeln. Für Uebersichtige ist E entsprechend grösser, bei stärkerer Kurzsichtigkeit entsprechend kleiner. Kurzsichtigen gelingt die Einübung rascher. Astigmatiker finden einige Schwierigkeiten. Nach der Einübung ist das Augenspiegeln nicht mehr anstrengend; das Auge beobachtet bei erschlaffter Accommodation.

2. Auf die Rolle, welche der Schattenprobe (Skiaskopie) auf diesem Gebiet zusteht, werde ich später noch zurückkommen.

9. Das aufrechte Netzhaut-Bild. Seine Linear-Vergrösserung.

Ebenso, wie für das umgekehrte, müssen wir jetzt auch für das aufrechte Netzhaut-Bild die beiden Grössen untersuchen, welche bei jeder optischen Prüfung von besondrer Wichtigkeit sind, nämlich Vergrösserung und Gesichtsfeld.

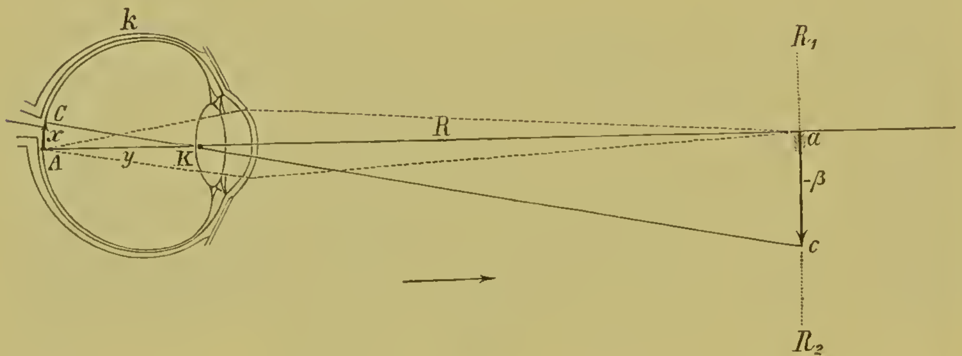


Fig. 18.

Es sei (Fig. 18) k das Auge des Untersuchten, K sein Knotenpunkt, $AC = x$ die mittelst des Augenspiegels beleuchtete Netzhaut-Stelle. Die von dieser zurückkehrenden homocentrischen Lichtstrahlen-Bündel vereinigen sich zu punktförmigen Bildern in derjenigen Ebene des Raumes, für welche das untersuchte Auge grade eingestellt ist; also, wenn es im dunklen Zimmer ruhig grade-aus blickt und seine Accommodation erschlafft, in seiner Fernpunkt-Ebene R_1 R_2. Es möge $ca = -\beta$ das Bild sein, welches die brechenden Mittel des ruhenden Auges k von der erleuchteten Netzhaut-Stelle x entwerfen. Dann folgt wiederum (aus der Aehnlichkeit der △△ ACK und acK),

$$\frac{ac}{AC} = \frac{aK}{AK}$$

oder 1) $$\frac{-\beta}{x} = \frac{R}{y},$$

wenn $R = aK$, Abstand zwischen Fern- und Knoten-Punkt für das Auge k; und $AK = y$. Das Minus-Zeichen kommt β zu, da es im Vergleich mit AC die entgegengesetzte Lage gegen die Haupt-Achse Aa einnimmt. Jetzt schiebe der Untersucher ein Zerstreuungs-Glas in den Gang der aus dem Auge zurückkehrenden Lichtstrahlen-Bündel ein.

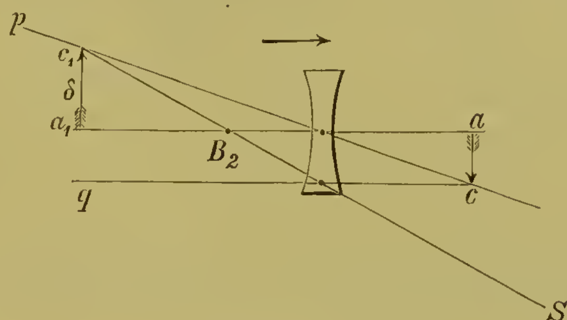


Fig. 19.

Die homocentrischen, convergirenden Strahlen-Bündel werden dadurch in passender Weise divergent gemacht; d. h. das vor dem untersuchten Auge liegende reelle, umgekehrte Bild ac in ein hinter dem Auge liegendes virtuelles aufrechtes Bild $c_1 a_1$ verwandelt. Um dieses letztere ohne Rechnung[1]) durch einfache Construction zu finden, haben wir nur (Fig. 19) von dem aus dem Auge nach c hin convergirenden Strahlen-Bündel zwei Strahlen zu betrachten: denjenigen (pc), welcher durch den optischen Mittelpunkt der Zerstreuungs-Linse zielt und also nicht abgelenkt wird; sowie denjenigen (qc), welcher der Hauptachse parallel auf die Zerstreuungs-Linse trifft, und so abgelenkt wird, als käme er von B_2, dem zweiten Haupt-Zerstreuungspunkt der Linse, welcher ja in dem durch den Pfeil angedeuteten Gange der Lichtstrahlen vor der Zerstreuungs-Linse liegt. Verlängern wir den so abgelenkten Strahl (SB_2) so weit rückwärts, bis er den nicht abgelenkten Strahl (pc) schneidet; so gelangen wir zu dem Punkte c_1, dem durch die Zerstreuungs-Linse entworfenen Bild von c. Folglich ist $c_1 a_1 = + \delta$ als das zu $- \beta$ in Bezug auf die Zerstreuungs-Linse zugeordnete Bild anzusehen.

Das hinter der Zerstreuungs-Linse aufgestellte Auge A des Untersuchers betrachtet das virtuelle Bild δ, welches natürlich innerhalb seines Accommodations-Bereiches liegen muss. (Fig. 20.)

---

1) Die übrigens einfach genug ist. Wenn in der allgemeinen Formel (Th. I, S. 89, Gl. 3)

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}.$$

sowohl φ_1 als auch F_1 negativ ist, wird auch β_2 negativ bleiben: d. h. Bild und Gegenstand haben die entgegengesetzte Lage zur Hauptachse; ist der Gegenstand ac umgekehrt, so wird das Bild $c_1 a_1$ wieder aufrecht. (Fig. 19.) Wenn in der allgemeinen Formel $\varphi_1 \varphi_2 = F_1 F_2$ wiederum φ_1 negativ ist, so wird auch φ_2 negativ, d. h. β_2 liegt vor B_2 in Richtung des Ganges der Lichtstrahlen: die beiden Minuszeichen von F_1 und F_2 heben sich fort.

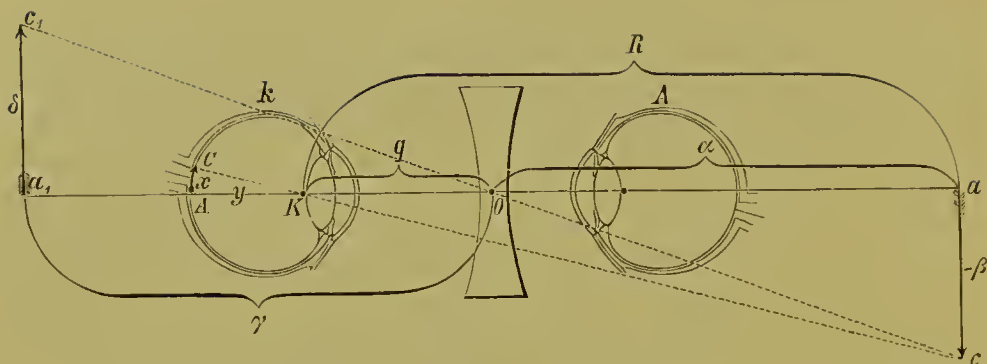


Fig. 20.

Der Abstand des Knotenpunktes der Zerstreuungs-Linse von dem des untersuchten Auges sei $q\ (= KO)$; wir setzen die Abstände $Oa = \alpha$, $Oa_1 = \gamma$: so wird aus 1 jetzt, da $R = \alpha + q$,

$$1^a)\quad \frac{-\beta}{x} = \frac{\alpha + q}{y}.$$ Ferner folgt für die Zerstreuungs-Linse

$$2)\quad \frac{\delta}{-\beta} = \frac{\gamma}{\alpha}.$$ Multiplicirt man 1^a mit 2, so ergiebt sich

$$3)\quad \frac{\delta}{x} = \frac{\gamma}{y}\left(\frac{\alpha + q}{\alpha}\right).$$

$\frac{\delta}{x}$ ist die lineare Vergrösserung V, da δ das schliessliche Bild, x der ursprüngliche Gegenstand, nämlich die beleuchtete Netzhaut-Stelle $A\ C$.

$$\text{I.)}\quad V = \frac{\gamma}{y}\left(1 + \frac{q}{\alpha}\right).$$

Wir haben nur noch V zurückzuführen auf die mittlere deutliche Sehweite, welche in den Schulbüchern der Physik üblich ist. Offenbar ist γ, die Accommodations-Weite des untersuchenden Auges, verschieden für die verschiedenen Beobachter. Thatsächlich sehen auch die verschiedenen Aerzte das aufrechte Bild desselben Auges unter etwas verschiedener Vergrösserung: grade so, wie mit der nämlichen Lupe der nämliche Gegenstand von verschiedenen Beobachtern unter etwas verschiedener Grösse gesehen wird. Jeder Untersucher rückt nämlich den Gegenstand in diejenige Gegenstand-Entfernung e von der Lupe, dass die Bild-Entfernung E seiner eigenen deutlichen Sehweite entspricht. Man pflegt aber, um die lineare Vergrösserung einer Lupe annähernd angeben zu können, dieselbe zurückzuführen auf den Fall, dass $E = 8'' = 216$ Mm.[1]) Demnach wird die Vergrösserung der Lupe, ausgedrückt durch $\frac{E}{e}$, oder, da e nahezu gleich der Brennweite f der Lupe, durch $\frac{8}{f}$, wo f in Zollmaass angegeben ist. (Vgl. Th. I, S. 92.)

In gleicher Weise können wir natürlich auch bei der Augenspiegel-Vergrösserung verfahren. Wir werden die persönliche Vergrösserung V des einzelnen Untersuchers zurückführen auf die allgemeine oder mittlere Vergrösse-

1) Andre, die grössere Zahlen lieben, setzen dafür $10'' = 270$ Mm.

rung V_a, welche wir erhalten, wenn statt der wechselnden Grösse γ die unveränderliche $\Gamma = 8''$ eingesetzt wird.

Es muss sich ja in jedem Einzelfall verhalten:

$V_a : V = \Gamma : \gamma$ oder mit Benutzung der Gleichung I

$$V_a = \frac{\Gamma}{\gamma} V = \frac{\Gamma}{\gamma} \cdot \frac{\gamma}{y}\left(1 + \frac{q}{a}\right)$$

$$\text{I}^{a}) \; V = \frac{\Gamma}{y}\left(1 + \frac{q}{a}\right).$$

Wir erhalten also die allgemeine annähernde Vergrösserung, wenn wir in der Formel I setzen Γ statt γ, oder feststellen, dass $\gamma = 8''$ sein soll. Nun ist unsre Formel abgeleitet für den besondren, durch eine Figur leicht darstellbaren Fall, dass das untersuchte Auge kurzsichtig sei; dass also sein Fernpunkt in der endlichen Entfernung R vor seinem Knotenpunkt liege. Wir haben aber keine besondren Voraussetzungen über die in Betracht kommenden Grössen gemacht. Folglich ist die gewonnene Formel allgemein giltig. Nur muss im Fall der Normalsichtigkeit des Untersuchten R unendlich gross, und im Fall der Uebersichtigkeit desselben R endlich, aber negativ gesetzt werden.

Der Fall der Normalsichtigkeit kann gar keine Schwierigkeiten bieten, da Emmetropie als Grenzfall der Myopie aufgefasst werden kann. E entsteht aus M, wenn R sehr gross wird gegen die Länge des Auges. (Vgl. Th. I, S. 118.) Ein in praktischer Hinsicht normalsichtiges, in theoretischer noch leicht kurzsichtiges Auge erkenne in 20 Fuss Entfernung die bezüglichen Normal-Schriftproben. Es ist $R \geqq 240$ Zoll. Wir können praktisch $q = 1$ Zoll machen, indem wir mit dem Beleuchtungs-Spiegel, hinter welchem das Hilfsglas sitzt, sehr nahe an das untersuchte Auge heranrücken. Dann wird $\frac{q}{a} = \frac{q}{R-q} = \frac{1}{239}$, d. i. eine sehr kleine Grösse gegen die Einheit, und muss für unsre annähernden Berechnungen vollständig gegen 1 verschwinden. Wir können also für den Fall der E des Untersuchten setzen $\frac{q}{a} = \frac{1}{\infty} = o$ und $V_e = \frac{\Gamma}{y}$. In runder Zahl ist $y = 15$ Mm., $\Gamma = 8$ Zoll oder 216 Mm. Folglich $V_e = \frac{216}{15} = 14$.

Setzen wir, etwas genauer, $y = 16{,}6$ Mm.; so wird $V_e = \frac{216}{16{,}6} = 13$.

Dieselbe Zahl gewinnen wir auch durch folgende Betrachtung (Fig. 21):

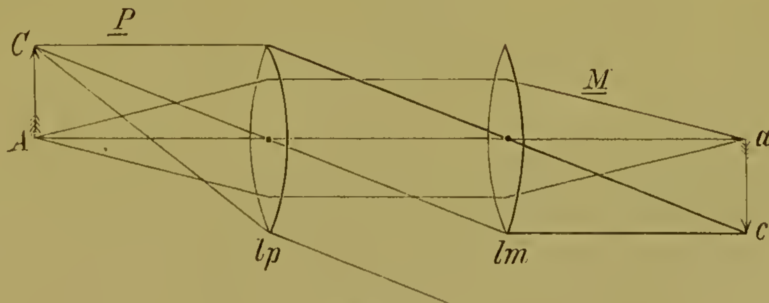


Fig. 21.

Das emmetropische Auge des Kranken P kann dargestellt werden durch die Lupe lp von 15 Mm. Brennweite, in deren Haupt-Brenn-Ebene die Netzhaut (AC) steht. Das von dem Punkt A der erleuchteten Netzhaut-Stelle ausfahrende Strahlenbündel verläuft ausserhalb des Auges als paralleles Bündel und gelangt auf die Hornhaut des untersuchenden Auges (M), welches dargestellt werden mag durch die Lupe lm von 15 Mm. Brennweite, in deren Haupt-Brenn-Ebene die Netzhaut ac steht. Der Arzt betrachtet bei der Anwendung des aufrechten Bildes die untersuchte Netzhaut gleichsam mittelst der Lupe lp, welcher eine Vergrösserung zukommt von $v = \frac{8''}{y''} = \frac{216 \text{ Mm.}}{15 \text{ Mm.}} = 14.$

Dass das Bild der untersuchten Netzhaut ein aufrechtes, folgt aus dem Gesetz der Lupe. Man sieht auch sofort aus der Figur 20, dass das Bild des oberen Punktes C der untersuchten Netzhaut auf der untersuchenden Netzhaut tiefer gelegen ist, als das von A: gradeso, wie bei der freien Betrachtung eines aufrechten Gegenstandes.

Bei der Untersuchung des aufrechten Netzhaut-Bildes eines e Auges erlangen wir also i. A. eine etwa 13—14fache Linear-Vergrösserung, während das umgekehrte Bild uns nur eine 3—6fache Vergrösserung lieferte.

Die Nothwendigkeit, in jedem Falle, wo es überhaupt möglich ist, das aufrechte Bild zu gewinnen, um feinere Veränderungen wahrzunehmen, springt in die Augen.

Dass unsre Formel auch für den Fall der Uebersichtigkeit des untersuchten Auges giltig ist, möchte nach dem Gesagten eigentlich selbstverständlich sein. (Natürlich ist in diesem Falle α negativ zu setzen, weil diese Strecke dann die entgegengesetzte Lage zum untersuchten Auge besitzt, wie in dem Falle der Kurzsichtigkeit, an den wir zunächst unsre Formel anknüpften: bei H liegt die Fernpunkt-Ebene des Auges hinter demselben.)

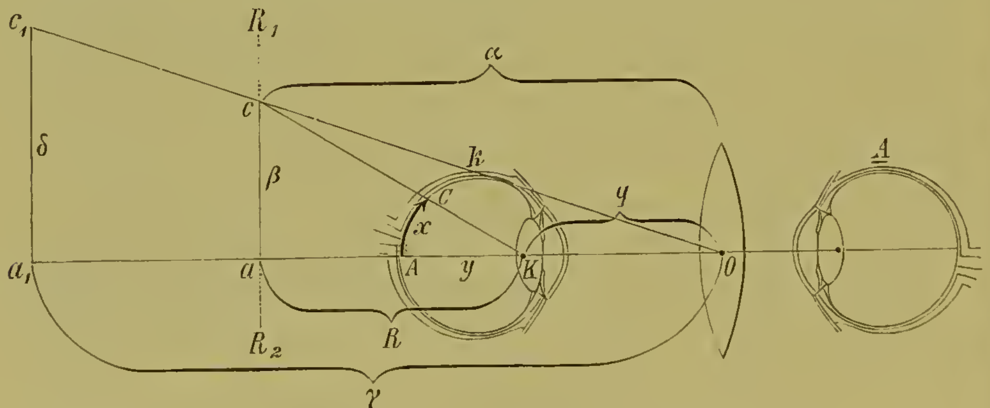


Fig. 22.

Dennoch soll in Kürze die Construction auch für das übersichtige Auge hier ausgeführt werden. (Fig. 22.) $AC = x$ sei die mit Hilfe des Augenspiegels beleuchtete Netzhaut-Stelle des untersuchten h Auges k. Die Fernpunkt-Ebene des h Auges liegt hinter demselben, in $R_1 R_2$. Das ruhende Doppel-Objectiv des untersuchten Auges entwirft von x das Bild $+ \beta$ in $R_1 R_2$;

d. h. das aus dem untersuchten Auge zurückkehrende, von einem Punkt der erleuchteten Netzhaut-Stelle ausgehende Strahlen-Bündel tritt so divergent aus, als käme es von dem entsprechenden Punkt von β.

Damit der Beobachter mit seinem Auge A, welches (zur bequemeren Darstellung) als leicht kurzsichtig[1]), in Accommodations-Ruhe, angenommen werde, von β ein scharfes Bild auf seiner Netzhaut gewinnen könne, muss er zwischen die beiden Augen A und k ein Sammel-Glas einschieben, welches als Lupe wirkt und von β das Bild δ in der Fernpunkt-Ebene seines eignen Auges A entwirft.

β und x sind ein Paar zusammengehöriger Bilder für das brechende System des Auges k, δ und β für das System der Sammel-Linse O. Bei den beiden aufeinanderfolgenden Brechungen ist das Bild mit dem Gegenstand gleich gerichtet, folglich ist δ aufrecht im Vergleich zu x.

Wir setzen, wie zuvor, $OK = q$, $Oa = \alpha$, $Oa_1 = \gamma$. Jetzt wird $R (= Ka) = \alpha - q$.

$$1)\quad \frac{\beta}{x} = \frac{R}{y} = \frac{\alpha - q}{y}.$$

$$2)\quad \frac{\delta}{\beta} = \frac{\gamma}{\alpha}. \qquad \text{Multipl.}$$

$$3)\quad \frac{\delta}{x} = \frac{\gamma}{y}\left(\frac{\alpha - q}{\alpha}\right) \text{ oder } V = \frac{\gamma}{y}\left(1 - \frac{q}{\alpha}\right).$$

Demnach erhalten wir für H des untersuchten Auges dieselbe Formel wie für M, nur dass bei H die Grösse α negativ, bei M positiv zu setzen. (Für E ist $\alpha = \infty$, so dass $\frac{q}{\alpha} = o$ wird und verschwindet.) Auch für den Fall von H des Untersuchten ist das betrachtete Bild der Netzhaut aufrecht, d. h. $a_1\, c_1$ gleichgerichtet mit $A\, C$.

Nunmehr können wir die Vergrösserung des aufrechten Bildes für jeden einzelnen Fall annähernd fast im Kopf berechnen. Es ist allgemein

$$V = \frac{\gamma}{y}\left(1 \underset{-}{+} \frac{q}{\alpha}\right) \text{ oder } V = \frac{\gamma}{y} \underset{-}{+} \frac{\gamma}{y} \times \frac{q}{\alpha}.$$

Für M des Untersuchten gilt das Plus-, für H des Untersuchten das Minus-Zeichen. Wir wollen zunächst $q = 1^1/_2'' = {}^3/_2'' = 40$ Mm. setzen, d. h. mit dem Augenspiegel ziemlich nahe an das untersuchte Auge herangehen.

Es war für den Fall der Emmetropie des Untersuchten

$$Ve = \frac{\gamma}{y} = \frac{216}{15} = 14. \quad \left(\text{Genauer } = \frac{216}{16{,}6} = 13.\right)$$

---

1) Ist A normalsichtig, so liegt δ sehr weit, — wie man sagt, unendlich weit von A ab, kann also nicht gezeichnet werden. Aber die Betrachtung und mathematische Darstellung wird dadurch nicht geändert. Ist A übersichtig, so muss die Lupe noch verstärkt, gewissermaassen zum Glase O noch ein zweites Sammel-Glas hinzugefügt werden, dasjenige, durch welches A nahezu emmetropisch wird. Ist A sehr stark kurzsichtig, so kann ein Concav-Glas erforderlich sein, um β nach δ zu verlagern. Hat A genau denjenigen Grad von M., dass $R_1\, R_2$ seine Fernpunkt-Ebene darstellt; so ist überhaupt kein Glas erforderlich: A sieht β ohne Glas, da β in seiner Fernpunkt-Ebene belegen ist.

Wir untersuchen zunächst den gewöhnlichen Fall der Ametropie, die Achsen-Ametropie. M entsteht aus E, wenn bei gleichbleibendem Doppel-Objectiv des Auges die Seh-Achse länger wird, also y anwächst[1]); H entsteht aus E, wenn y abnimmt.

Für $M.\,{}^1/_3''$ ($M.$ 13 D)[2]) kann man $y = 19$ Mm. (statt 15 im e Auge) annehmen; es wird

$$V_m = \frac{216}{19} + \frac{216}{19} \times \frac{3}{2 \times 2}; \qquad V_m = 11 + 11 \,.\, \frac{3}{4} = 19.$$

Für $H.\,{}^1/_3''$ ($H.$ 13 $D.$) kann man $y = 11$ Mm. setzen; es wird

$$V_h = \frac{216}{11} - \frac{216}{11} \times \frac{3}{2 \times 4}; \qquad V_h = 19 - 19 \,.\, \frac{3}{8} = 12.$$

Macht man die Rechnung etwas genauer ($y = 16{,}6$ Mm. für E; $y = 20{,}6$ für $M.$ 13 $D.$; $y = 13{,}2$ für $H.$ 13 $D.$); so erhält man $V_e = \frac{216}{16} = 13$;

$$V_m\,{}^1/_3 = \frac{216}{20{,}6} + \frac{216}{20{,}6} \times \frac{3}{4} = 10^1/_2 + 8 = 18^1/_2;$$

$$V\,{}^1/_3 = \frac{216}{13{,}2} - \frac{216}{13{,}2} \times \frac{3}{2 \,.\, 4} = 16 - 6 = 10. \quad \text{Also in } Di.\text{-Maass}$$

$V_{ha\,13} : V_e : V_{ma\,13} = 10 : 13 : 18.$ Das stimmt mit der Beobachtung ziemlich gut überein.

In den seltneren Fällen der Krümmungs-Ametropie ist die Seh-Achse, also y nahezu constant, aber der licht-brechende Theil des Auges abgeändert. (Sehr starke Krümmungs-Ametropie muss entstehen, wenn eine der beiden Hälften des Doppel-Objectivs im Auge fehlt, z. B. die Linse nach Star-Operation. [Aphakie].)

Für die Krümmungs-Ametropie ist die Rechnung überaus einfach:

$$V = \frac{\gamma}{y} \pm \frac{\gamma}{y} \times \frac{q}{\alpha} = 13 \pm \frac{3}{2 \times \alpha}('') \times 13.$$

Für $M.\,{}^1/_3''$ wird $V = 13 + \frac{13 \times 3}{2 \times 2} = 23.$

$H.\,{}^1/_3''$ wird $V = 13 - \frac{13 \times 3}{2 \times 4} = 8.$ Also in $Di.$-Maass

$$V_{hk\,13} : V_e : V_{mk\,13} = 8 : 13 : 23.$$

Diese Zahlen stimmen gut mit der Beobachtung; bemerkenswerth ist namentlich die geringe Vergrösserung des aufrechten Netzhaut-Bildes bei dem aphakischen Auge, das vor dem Verlust der Linse nahezu e (oder h) gewesen, nämlich die Zahl 8, die kaum erheblich von der

---

1) Es gilt die Formel $\varphi_2 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_1} = \frac{15 \times 20}{\varphi_1} = \frac{300}{\varphi_1}$, wo $\varphi_1 = (R - 21)$ Mm., da R vom Knotenpunkt, φ_1 vom vorderen Brennpunkt des Auges ab gerechnet wird, der 14 Mm. vor der Hornhaut, also 14 + 7 vor dem Knotenpunkt liegt.

2) Praktisches Maass der $M.$, bestimmt durch das an der gewöhnlichen Stelle in der Brillen-Fassung befindliche Hilfsglas, das etwa $^1/_2$ Zoll vor K steht. Beim Augenspiegeln steht das Hilfsglas etwa 1 Zoll weiter von K, also 1 Zoll näher zum Fernpunkt ($q = K\,O = 1^1/_2''$ gesetzt), folglich wird $\alpha = 2''$. Bei $H.\,{}^1/_3''$ (prakt. Maass) ist $\alpha = 4''$, da das Augenspiegel-Hilfsglas etwa 1 Zoll weiter vom Fernpunkt absteht, als das richtig vorgesetzte Brillenglas. (Vgl. Th. I, S. 119 u. 129.)

gewöhnlichen des umgekehrten Bildes abweicht. Aber trotzdem ist das aufrechte Bild auch hier (in den günstigen Fällen) durch grössere Klarheit dem umgekehrten überlegen.

Das Ergebniss unsrer annähernden Berechnungen ist das folgende. Das aufrechte Bild ist bei *M* des Untersuchten stärker vergrössert und bei *H* schwächer vergrössert, als bei *E*; und zwar ist die Schwankung bei Achsen-Ametropie (10 : 13 : 18) geringer, als bei Krümmungs-Ametropie (8 : 13 : 23). Für das umgekehrte Bild gelten die umgekehrten Regeln: Für *M* des Untersuchten war hier die Vergrösserung schwächer und für *H* stärker als für *E*; und zwar traten diese Unterschiede stärker hervor bei den Achsen-Ametropien, während bei den Krümmungs-Ametropien die Vergrösserung des umgekehrten Bildes nahezu constant blieb.

Anm. Wenn man ausgeht von dem Listing-Helmholtz-Donders-schen reducirten Auge (Simplum), dem eine Brechungszahl $n = 1{,}3$, ein Hornhautkrümmungs-Halbmesser $\varrho = 5$ Mm., ein Knotenpunkt-Netzhaut-Abstand $y = 15$ Mm. zukommt ($y + \varrho = s = 20$ Mm., Seh-Achsenlänge); so kann Ametropie entstehen:

1. Durch Veränderung von n: das ist sehr selten und soll hier nicht weiter berücksichtigt werden;
2. durch Veränderung von ϱ bei gleichbleibendem y *(Ametropia antica)*;
3. durch Veränderung von y bei gleichbleibendem ϱ *(Ametropia postica)*;
4. durch gleichzeitige Aenderung von ϱ und y *(Ametropia mixta)*. Eine Unterabtheilung wird gegeben durch die Bedingung s = const. (4^b).[1]

Die dritte Art ist die Achsen-Ametropie *(A. A.)*, die gewöhnlichste Form; 4^b ist die Krümmungs-Ametropie *(K. A.)*.

Die Berechnung liefert die folgende Tafel der Vergrösserung des aufrechten Bildes ($q = 40$ Mm.):

Brechzustand	V_1 Ametropia antica	V_2 Ametropia postica (A. A.)	V_3 Ametropia mixta (K. A.)
H 1/3″ = 13 D	**7,0**	**8,9**	**8,6**
H 1/4″ = 10 D	8,7	10,7	
H 1/6″ = 6,5 D	**10,5**	**12,1**	11,0
H 1/8″ = 5 D	11,4	12,7	
H 1/12″ = 3 D	12,2	13,3	
H 1/24″ = 1,5 D	13,1	13,8	13,7
E		**14,4**	
M 1/24″ = 1,0 D	14,9	15,0	15,4
M 1/12″ = 3 D	15,8	15,0	
M 1/8″ = 5 D	16,6	15,5	
M 1/6″ = 6,5 D	**17,5**	**15,8**	17,5
M 1/4″ = 10 D	19,3	16,1	
M 1/3″ = 13 D	**21,0**	**16,6**	**21,0**

1) Vergl. die unter meiner Leitung angefertigte Dissert. von Thel, Berlin 1877, über das aufrechte Netzhaut-Bild.

Nagel[1]) hat für die Krümmungs-Ametropien die Vergrösserung des aufrechten Bildes, bei Aufstellung des Hilfsglases im vorderen Brennpunkt des untersuchten Auges, die folgende Tafel berechnet, in welcher die Zahl für das emmetropische Auge gleich 1 gesetzt ist.

H.	Di.	M.
0,98	1	1,01
0,91	5	1,07
0,81	10	1,13
0,68	14	1,14
0,47	20	1, 2

Ich glaube, dass meine Zahlen mehr mit der Beobachtung übereinstimmen.

Man könnte ja daran denken, in einem bestimmten Fall die Vergrösserungs-Zahl durch den Versuch festzustellen (indem man das Bild der Sehnerven-Scheibe [$P = 1{,}5$ Mm.] auf ein getheiltes Linien- oder Faden-Netz wirft,) und daraus die Art der Ametropie zu berechnen; doch wäre dies eine heikle Aufgabe, deren Lösung zum Glück für die Praxis nicht nothwendig erscheint.[2])

Dagegen verdient noch bemerkt zu werden, dass V mit q wächst, wenn das untersuchte Auge kurzsichtig ist: wie wenn man zu einem nach Galileischer Art hergestellten (Präparir-) Mikroskop, welches aufrechte Bilder liefert, ein stärker concaves Ocular wählt. In Fällen hochgradiger M ist V deutlich grösser bei der gewöhnlichen Untersuchungsweise des aufrechten Bildes, als wenn wir dem untersuchten Auge (z. B. zur Probe der richtigen Brillen-Wahl) das passende Glas im Brillen-Gestell unmittelbar vor seine Hornhaut setzen. Die Veränderung von q ist innerhalb enger Grenzen eingeschlossen, weil mit wachsendem q das Gesichtsfeld zu sehr eingeengt wird.

11. Das Gesichtsfeld des aufrechten Netzhaut-Bildes

oder derjenige Netzhaut-Bereich des untersuchten Auges, welcher auf einmal übersehen werden kann, ist durch den undeutlich gesehenen Rand der Pupille des untersuchten Auges nicht scharf begrenzt, grade so wie wenn man durch ein enges Loch eines bis auf etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll angenäherten Schirmes nach einem fernen Gegenstand hinblickt. Um eine bestimmte Grenze passend zu wählen, kann man wieder von der Netzhaut des Beobachters ausgehen. Es sei (in Fig. 23) ab das Gesichts-

---

1) Graefe-Saemisch, I. Aufl., VI B., S. 427, 1880.

2) Nagel, eben daselbst, S. 428.
Erscheint der Längsdurchmesser der Papille P (= 1,56 Mm.) im vergrösserten, aufrechten Netzhaut-Bilde gleich Π; so ist die vordere Haupt-Brennweite des Auges $\varphi_1 = \frac{390}{\Pi}$ in Mm. Das Hilfsglas steht wieder im vorderen Haupt-Brennpunkt des Auges.
Ist φ_1 bekannt, die Refraction des untersuchten Auges bestimmt; so ist der optische Bau des letzteren vollständig bekannt.

feld d. h. die Grösse seines eignen Netzhaut-Bildes, welches der Untersucher bei der Anwendung des aufrechten Bildes von der Netzhaut

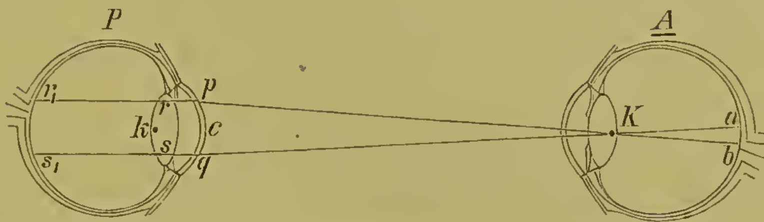


Fig. 23.

des Untersuchten zu gewinnen vermag. Die beiden graden Linien, welche durch den Knotenpunkt K des Untersuchers gehen und den Rand der Pupille des Untersuchten (beziehungsweise ihres, von ihrer eignen Hornhaut entworfenen, dioptrischen Bildes) berühren, umgrenzen das subjective Gesichtsfeld des Beobachters. Der Einfachheit halber wollen wir vorläufig annehmen, dass der Beobachter ohne Hilfsglas ein aufrechtes Bild von der untersuchten Netzhaut gewinnen kann, was ja oft genug der Fall ist, z. B. wenn beide Augen e sind. Nunmehr nähere sich der Beobachter so weit an, dass K, der Knotenpunkt seines Auges, mit dem vorderen Brennpunkt des untersuchten Auges zusammenfällt; es sei also $Kc = 14$ Mm. Dann wird das Strahlenbündel Kpq im Glaskörper des untersuchten Auges parallel, da es von dem vorderen Brennpunkt des letzteren ausgeht, und erleuchtet einen Netzhaut-Bezirk (r_1 s_1), welcher so breit ist, wie die Pupille des untersuchten Auges. Das objective Gesichtsfeld des untersuchten Auges erscheint in dem betrachteten Falle (der Augenspiegelung mittelst des aufrechten Bildes) so gross, wie seine Pupille, also etwa 2—3 Mm. im Durchmesser. Meist kann man aber seinen eignen Knotenpunkt nicht bis auf 14 Mm. an die untersuchte Hornhaut heranbringen;[1]) das Gesichtsfeld bleibt dann etwas schmaler, als 2—3 Mm. Das Zerstreuungs-Bild, welches ein Auge von einem Punkte entwirft, der vor seinem Brennpunkt gelegen ist, ist kleiner, als seine Pupille. Hiermit stimmt die Erfahrung, dass man im aufrechten Bilde gewöhnlich den Sehnerven-Eintritt gut auf einmal übersehen kann, aber nicht über das Doppelte: $G = 1$ bis $2\ P$. Wurde ein Hilfsglas für das aufrechte Netzhaut-Bild angewendet, so kommt das von diesem Glase entworfene

---

[1]) Möglich ist es bei elektrischen Augenspiegeln, z. B. wenn die Licht-Quelle in dem Stiel des Augenspiegels angebracht ist. Davon wird gleich die Rede sein.

Bild des Knotenpunktes in Betracht; dieses Bild müsste im oder am vorderen Brennpunkte des untersuchten Auges liegen.[1])

Das Gesichtsfeld nimmt ab, je weiter K vom untersuchten Auge abrückt. Hieraus folgt, dass man, um im aufrechten Bilde möglichst viel auf einmal zu übersehen, auch möglichst nahe heranrücken muss, mindestens auf $1^1/_2$—2 Zoll. Sodann wird man zum aufrechten Bild einen lichtschwachen Spiegel vorziehen, damit nicht die untersuchte Pupille durch starken Licht-Einfall verengt werde. Der Anfänger wird mit Vortheil künstliche Erweiterung der Pupille des untersuchten Auges anwenden, wodurch gleichzeitig die Helligkeit der Erleuchtung steigt. Im Allgemeinen ist es aber schon aus praktischen Gründen nicht räthlich, die Pupille künstlich zu erweitern. Die Nothwendigkeit der künstlichen Pupillen-Erweiterung ist umgekehrt proportional der diagnostischen Befähigung. Man beschränke sich auf gewisse Ausnahme-Fälle, besonders von Trübungen der brechenden Mittel.

Man glaube auch ja nicht, dass, wenn die Pupille des Untersuchten bis auf 6 oder 8 Mm. erweitert worden, sofort das Gesichtsfeld eine Breite von 6—8 Mm. erlange. Das thatsächlich erleuchtbare Gesichtsfeld bleibt hinter diesem idealen Höchstwerth erheblich zurück, wenn man die gewöhnlichen Lichtflammen anwendet; und von diesen abzugehen, ist einerseits nicht bequem, andrerseits für den Untersuchten nicht angenehm, vielleicht nicht einmal immer ganz unbedenklich.

Anm. Für diejenigen, welche auch das scheinbar minder Wichtige ergründen wollen, noch die folgende Bemerkung.

I. Bei dem Verfahren des aufrechten Augengrund-Bildes sieht der Arzt auf der untersuchten Netzhaut das Bild der Beleuchtungs-Flamme umgekehrt.

---

1) Es stehe ein Glas von — 10″ (= 270 Mm.) Brennweite etwa 10 Mm. vor K (Fig. 23). Dann wird die allgemeine Gleichung (Th. I, S. 176, IVa) $f_2 = \frac{f_1 F_2}{f_1 - F_1}$ für dieses Glas $f_2 = -\frac{10 \times 270}{280} = -9{,}6$. Der Bildpunkt wird 0,4 Mm. näher heran zum Glase liegen, als K selber. — Es stehe ein Glas von + 10″ (= 270 Mm.) Brennweite etwa 10 Mm. vor K. Dann wird

$$f_2 = \frac{10 \times 270}{-260} = -10{,}4.$$

Der Bildpunkt von K liegt 0,4 Mm. weiter ab vom Glase, als K selber. Da K immer sehr nahe an dem Glase G liegt, und KG sehr klein ist gegen die Brennweite des Glases; so bleibt die Verschiebung der Bilder von K immer sehr unbedeutend. Selbst für die stärksten Gläser, die benutzt werden (+ 2″ = 20 D), ist die Verschiebung noch kleiner, als 2 Mm.

A. Benutzt man bei dem Verfahren des aufrechten Augengrund-Bildes einen Plan-Spiegel, so liefert dieser zunächst ein aufrechtes virtuelles Bild der Beleuchtungs-Flamme, das ebensoweit hinter dem Spiegel zu liegen scheint, als die Licht-Flamme davor liegt. Von diesem aufrechten Flammen-Bild entwirft das untersuchte Auge selber ein umgekehrtes Bild auf oder in der Nähe seiner Netzhaut. (Vgl. F. 2 für den Strahlen-Gang.)

B. Benutzt man bei demselben Verfahren einen Hohl-Spiegel, etwa von 6″ = 15 Ctm. Brennweite; so entwirft dieser zunächst ein umgekehrtes Bild der Flamme, das hinter dem untersuchten Auge liegt. Von diesem Bild entwirft das untersuchte Auge ein gleichsinniges Bild vor oder auf der Netzhaut, das also, verglichen mit der Beleuchtungs-Flamme selber, verkehrt liegt.[1])

II. Bei dem Verfahren des umgekehrten Augengrund-Bildes entwirft der Hohl-Spiegel ein verkehrtes Bild b_1 der Flamme. (Vgl. Fig. 16.) Die Sammel-Linse entwirft von b_1 wieder ein verkehrtes, d. h. ein in Wirklichkeit aufrechtes Bild b_2, hinter dem untersuchten Auge. Das letztere entwirft von b_2 ein gleichsinniges Bild b_3 vor oder in der Netzhaut. Dieses Flammen-Bild b_3 ist mit dem Gegenstand, der Beleuchtungs-Flamme, gleichgerichtet.

Wenn wir einen Gegenstand aufrecht sehen, ist sein Bild auf unsrer Netzhaut umgekehrt. Wenn also bei II ein aufrechtes Flammen-Bild auf der untersuchten Netzhaut sich findet, so sieht der Untersuchte selber ein umgekehrtes. Wenn der Arzt bei I ein umgekehrtes Flammen-Bild beobachtet, so sieht der Untersuchte ein aufrechtes. Davon kann man sich sinnfällig überzeugen. Wenn man sein eignes Auge beleuchtet, wie zur Beobachtung des aufrechten Augengrund-Bildes, so sieht man ein aufrechtes Flammen-Bild. Wenn man sein Auge beleuchtet, wie zur Beobachtung des umgekehrten Augengrund-Bildes, so sieht man scheinbar in der dicht vorgehaltenen Sammel-Linse ein umgekehrtes Flammen-Bild.

Soweit ist alles schön und gut und steht auch kurz angedeutet z. B. in Dimmer's Ophthalmoskopie, II. Aufl. S. 38 und 39. Gehen wir aber nun zur Beobachtung von Andren mit dem Augenspiegel über, so sehen wir ein verkehrtes Flammenbild im beobachteten Augengrund, sowohl bei dem Verfahren des aufrechten als auch bei dem des umgekehrten Netzhaut-Bildes.

Im ersten Fall ist eben das Flammen-Bild auf der untersuchten Netzhaut verkehrt, wie wir so eben (in I) gesehen haben, und bleibt so bei der Betrachtung, da das Verfahren des aufrechten Bildes die Lage des beobachteten Gegenstandes nicht umkehrt. Im letzten Fall ist das Flammen-Bild auf der

1) Wenn für ein licht-brechendes System Gegenstand und Bild auf derselben Seite des Knotenpunktes liegen, so sind sie gleich gerichtet. Vgl. Th. I. S. 92, Fig. 33, woselbst man durch einen unteren Pfeil den zweiten Fall darstellen kann, dass $A_1 C_1$ der Gegenstand, $A C$ das Bild. ($A_1 C_1$ wird durch convergirende Strahlenbündel gebildet, welche durch das lichtsammelnde System zu rascherer Convergenz gebracht werden.) — Wenn aber für ein solches System Gegenstand und Bild auf verschiedenen Seiten vom Knotenpunkt liegen, so sind sie gegen einander verkehrt. Vgl. Th. I, S. 89, Fig. 28.

untersuchten Netzhaut wohl aufrecht, wird aber dem Beobachter, durch die Wirkung der Sammel-Linse auf die austretenden Lichtstrahlen, wieder umgedreht d. h. verkehrt.

Zur Beobachtung benutzt man am besten Schmidt-Rimpler's Metall-Ring um den Lampen-Cylinder, wodurch das Flammen-Bild eine gradlinige untere Begrenzung erlangt. Am schärfsten sieht man diese grade Grenzlinie im umgekehrten Bilde mit + 2″ (= 20 *D.*). Bei schwächeren Sammel-Linsen (+ 3″, + 4″) ist die Grenzlinie weniger scharf. Noch weniger meistens im aufrechten Bilde.

Die Sache ist immerhin der Erwähnung werth, da wir Schattenbilder öfters auf der Netzhaut entwerfen und gelegentlich auch sogar zur Messung (Mikrometrie) benutzen.

12. Die planmässige Augenspiegel-Untersuchung.

Nachdem wir die optischen Bedingungen der beiden Verfahren, des aufrechten und des umgekehrten Netzhaut-Bildes, kennen gelernt; gehen wir sofort dazu über, uns mit dem planmässigen Gang der Augenspiegel-Untersuchung näher zu befreunden.

Zuvörderst sind einige Worte über die Lichtquelle nothwendig. Zur Augenspiegelung genügt eine gewöhnliche Lampe, die mit Leucht-Gas,[1]) Erd- oder Rüb-Oel gespeist wird. Zweckmässig ist es, wenn die Flamme am Ständer auf- und nieder-bewegt werden kann, um sie in gleiche Höhe mit dem untersuchten Auge zu bringen, und wenn sie nicht zu schmal ist. Zur Noth genügt aber eine gewöhnliche Kerze. Die künstliche Beleuchtung ist gelblich im Vergleich zu dem weissen Tageslicht; wir sehen also für gewöhnlich die Augengrund-Bilder wie durch ein gelbes Glas.

Trotzdem vermögen wir auf dem röthlichen Augengrunde das gesättigte Roth des Blutes, das Blau, das Gelb, das Weiss der Entzündungen und Ausschwitzungen, das Schwarz des Pigments i. A. ganz gut zu erkennen. Nur selten ist es nothwendig, das weisse Tageslicht anzuwenden, um feinere Farbentöne im Augengrunde zu erkennen, namentlich gelbe, die im Lampenlicht nicht genügend hervortreten, so z. B. die gelbe Färbung des Sehnerven-Eintritts (und der Netzhaut) bei hartnäckiger Gallen-Stauung (mit Gelbsehen des Kranken); ferner die zart-bläulichweisse Verfärbung des Sehnerven, wenn derselbe erst kürzlich hinter dem Augapfel verletzt, beziehungsweise durchtrennt worden. Ich benutze seit vielen Jahren zur Gewinnung des Tageslichts ein Loch im Fenster-Rahmen bei verdunkeltem Zimmer.[2]) Einstellung des Spiegels auf eine weisse

1) Acetylen-Gaslicht hat Appenzeller empfohlen. C.-Bl. f. A. 1898, S. 148.
2) Vgl. Schnabel, Prager med. W. 1892, Nr. 30.

Wolke ist vortheilhaft. Zur Noth kann man das ganze Fenster benutzen.[1])

Directes Sonnen-Licht darf aber nicht in sehende, trübungs-freie Menschen-Augen geworfen werden. Als ich in ein (durch eingedrungenen Eisen-Splitter) innen vereitertes Auge Sonnen-Licht mittelst eines gewöhnlichen Hohl-Spiegelchens warf, zog sich die durch Atropin erweiterte Pupille sofort recht merklich zusammen; das von der Hornhaut gespiegelte Sonnen-Licht ist für den Beobachter ziemlich blendend! In einem andren Fall von Eisensplitter hinter der unvollständig getrübten Linse lenkte ich Sonnen-Licht mittelst eines Plan-Spiegelchens in das Auge und sah, dass der entzündete Glaskörper einen Stich in's Grüngelbe zeigte: die Untersuchung war durchaus harmlos für diese bereits merklich getrübten Augen.[2])

Wie der Augengrund mit der Art der Belichtung seine Farbe ändert, erkennt man am besten bei einfarbiger Lichtquelle, z. B. bei Natron-Licht; oder wenn man ein Spectrum über eine Stelle der Netzhaut wandern lässt (Engelhardt): im Roth scheinen die Gefässe der Netzhaut Blut, im Orange Wasser, im Grün und im Gelb Tinte zu führen. Neuschüler[3]) bringt mittelst einer Drehscheibe hinter das Loch des Augenspiegels verschiedene farbige Gläser, rothe, grüne, blaue, um Farben-Schattirungen des Augengrundes besser zu erkennen, z. B. beginnende Netzhaut-Ablösung leichter zu entdecken. Das rothe Glas bringt die Arterien zum Verschwinden, während die Venen sichtbar bleiben, erleichtert also die Unterscheidung beider Gefäss-Arten unter schwierigen Umständen.[4])

Das Auer-Licht der Gas-Lampe ist etwas blendend, sowohl für den Kranken, als auch für den Arzt. Ferner muss man sich erst an den weisslichen Farben-Ton desselben gewöhnen. Ich habe es ein halbes Jahr lang versucht, aber dann wieder aufgegeben.

Dass neuerdings auch elektrische Beleuchtung des Augengrundes empfohlen worden, ist eigentlich selbstverständlich.

---

1) Manche Thiere lassen sich bequem bei Tages-Licht untersuchen. Ein Kätzchen braucht man nur in die Hand zu nehmen und bei gewöhnlicher Zimmer-Helle vom Fenster her Licht in das Auge zu lenken. Das Pferd, dessen Pupille sehr weit ist, wird so gestellt, dass man Licht für den Spiegel aus der Stallthür-Oeffnung gewinnt.

2) Nach dem Muster des Sonnen-Mikroskops ist auch ein Sonnen-Ophthalmoskop erfunden, aber zum Glück für die Kranken nicht weiter in Gebrauch gekommen, obwohl es lichtschwach (mit erhabenem Spiegel) gewählt worden.

3) L'ophthalmochromoscopie, Recueil d'ophth. 1897, S. 643.

4) Aber nicht im wichtigsten Fall, wenn bei Schlag-Ader-Verstopfung in der Netzhaut die Farbe der Schlag- und Blut-Adern gleich geworden.

Drei verschiedene Verfahren sind hier aus einander zu halten:

A) Birnbacher[1]) verwendete eine zierliche, von einer kleinen tragbaren Accumulatoren-Batterie gespeiste Swan'sche Glüh-Lampe in einem Blech-Würfel von 40 Mm. Seiten-Länge, mit einem ausschiebbaren Sammel-Glas von 50 Mm. Brennweite, besonders für liegende Kranke, die nicht gut aufgerichtet werden können;[2]) um die Leuchtfläche zu vergrössern, kann eine Milchglas-Platte eingeschoben werden.

Seitdem sind zahlreiche elektrische Lampen zur Beleuchtung des Augengrundes angegeben worden. Es giebt auch käufliche Augenspiegel-Glühlampen für denjenigen, der über elektrisches Licht verfügt. Aber sie sind wenig brauchbar, weil der glühende Faden ein zu schmales Lichtbild auf der Netzhaut liefert. Auch die von Dëus, bei welcher der Faden durch das matte Glas verdeckt wird, liefert ein zu kleines Beleuchtungs-Feld. Diejenigen aber, welche mit metallischem Reflector und Sammel-Linse ausgestattet sind, mögen zur Kehlkopf-Beleuchtung ganz gut sein; beim Augenspiegeln blenden sie den Kranken und sogar auch den Arzt.

Herr Hirschmann in Berlin hat mir nach meinen Angaben eine brauchbare elektrische Lampe angefertigt, die ich seit einiger Zeit anwende und die mich recht befriedigt. Die Lampe ist bequem zu verschieben, sowohl seitlich, wie auch nach oben und unten; und das ganze Gestell geschwärzt. Sie ist äusserst milde für den Kranken und den Arzt und sehr brauchbar wegen des weiten Licht-Feldes.

B) Dennet[3]) brachte an dem Griff des Augenspiegels ein elektrisches Licht von $^{3}/_{4}$ Kerzen-Stärke an; durch eine Sammel-Linse fällt das Licht auf den unter 45° schräg gestellten Spiegel. Eine Taschen-Batterie reicht aus.

Juler[4]) befestigte an dem Augenspiegel selber, dicht unter dem schräg gestellten durchbohrten Hohl-Spiegelchen, eine kleine Lampe, welche von einer Leclanché'schen Batterie gespeist wird.

Reid[5]) bringt in den hohlen Stiel von Ulrich's durchbohrtem Prismen-Augenspiegel, dessen untere Katheten-Fläche zur Licht-Sammlung erhaben geschliffen ist, ein verschiebbares elektrisches Lämpchen an.

H. Wolff befestigt in der von Asbest-Pappe umgebene Röhre,

---

1) C.-Bl. f. A. 1884, S. 188. Ferner Deutsche med. W. 1894, Nr. 28. (Dëus.)

2) Mir genügt dazu stets ein Gehilfe oder eine Wärterin, welche neben dem Kopf-Ende des Bettes eine kleine Küchen-Lampe hält.

3) Transact. of the American ophth. Soc. 1885, S. 149: New York med. Record 1885, S. 503.

4) Transact. of the ophth. Soc. of the United Kingdom VI, 502, 1886: Ophth. Review, 1886, S. 56; C.-Bl. f. A. 1886, S. 48.

5) Transact. o. S. U. K. VI, S. 500.

welche als Stiel des Augenspiegels dient, eine Glüh-Lampe von 12 Volt, darüber eine Sammel-Linse von 40 *D* und endlich ein kleines total reflectirendes Prisma im Loch der Rekoss'schen Scheibe.[1]) So vermag er das letztere bis in den vorderen Brennpunkt des untersuchten Auges zu bringen, wodurch einerseits das Gesichtsfeld des aufrechten Bildes vergrössert, andrerseits die Refractions-Bestimmung erleichtert wird.

C) Schweigger[2]) betont, dass, wenn wir ein kleines, oben und an der Rückseite gedecktes Glüh-Licht so vor unser Auge halten, dass es einen Theil unsres Pupillen-Gebietes einnimmt, wir damit ein gegenüberstehendes Auge durchleuchten. —

Für das aufrechte Bild ist die Anordnung nicht brauchbar, wohl aber zur genaueren Messung des Fern-Punkts stark kurzsichtiger Augen: worauf wir noch zurückkommen werden.

Uebrigens möchte ich dem angehenden Arzt den Rath geben, soweit es möglich ist, immer dieselbe Art von künstlicher Beleuchtung zu benutzen. Ist er einmal darauf eingeübt, die zarte Abblassung des Sehnerven-Eintritts, im ersten Beginn des Nerven-Schwundes, bei noch guter Sehkraft des untersuchten Auges, im aufrechten Bilde mit einer mittelstarken Gas-Flamme gut zu erkennen; so werden z. B. bei plötzlicher Anwendung des Auer'schen Glüh-Lichtes zunächst auch gesunde Sehnerven ihm abgeblasst erscheinen: er muss mit der neuen Beleuchtungs-Art erst wieder vertraut werden.

Im verdunkelten Zimmer wird also eine brennende Lampe in gleicher Höhe mit dem Auge des Untersuchers und des Untersuchten aufgestellt, etwas seitlich und hinter der Gesichts-Fläche des letzteren.

Drei Hauptfragen müssen durch die Augenspiegel-Untersuchung in jedem Falle, wenn möglich, erledigt werden:

I. Sind die brechenden Mittel des untersuchten Auges gesund, d. h. von normaler Durchsichtigkeit, Krümmung, Lagerung?

II. Welches ist der Brech-Zustand des untersuchten Auges?

III. Wie verhält sich der Augengrund, insbesondere die mittelst des Augenspiegels sichtbaren nervösen Theile desselben?

---

1) Berl. Kl. W. 1900, N. 16, S. 344.

2) Verhdl. d. physiol. G. zu Berlin, 1889, 29. März. Vgl. C.-Bl. f. A. 1889 S. 143; Arch. f. Anat. und Physiol. (physiol. Abth.), 3—4, S. 365. Festschr. d. ophth. G. f. Helmholtz, S. 86, 1891. —

Die Beschreibung von Greeff (Prof. Schweigger's Vorlesungen über den Gebrauch des Augenspiegels, 1895, S. 89) ist abweichend.

13. Zur Untersuchung der brechenden Mittel

werfen wir durch einen einfachen Spiegel ein Lichtstrahlen-Bündel in das untersuchte Auge. Der Arzt befinde sich zunächst in der Entfernung seiner deutlichen Sehweite: also, wenn er emmetropisch ist, 8—12 Zoll von dem untersuchten Auge; weniger, wenn er stark kurzsichtig ist; eben so weit, aber mit passendem Sammel-Glas bewaffnet, wenn er über- oder alter-sichtig sein sollte. Um tiefer sitzende Trübungen zu erkennen, deren Bild durch das dioptrische System des untersuchten Auges selber etwas vergrössert und weiter nach hinten abgerückt wird, muss der Arzt sich ganz allmählich annähern und, wenn er kurzsichtiger ist, nach dem Rathe der Lehrbücher — ein passendes Zerstreuungs-Glas vorlegen. Ich ersuche ihn, dies zu unterlassen und zu Sammel-Gläsern zu greifen, die stufenweise abzuschwächen sind.

Die Pupille des normalen Auges erscheint bei dieser Beleuchtung in rothem Glanze, wenn sie von dem einfallenden Licht einen genügenden Antheil wieder austreten lässt. Der rothe Glanz der Pupille beruht auf dem Farbenton des austretenden Lichtes, welches das Netzhaut- und Aderhaut-Pigment und die blut-reiche Aderhaut hin und zurück durchdrungen hat, wobei seine mehr brechbaren Theile, die blauen und violetten Strahlen, grossentheils verschluckt worden sind. Mit dem von Boll[1]) entdeckten Seh-Roth in den Aussengliedern

---

[1]) Es war ein kleiner, übrigens bald wieder aufgegebener Irrthum von
Boll, dem genialen Entdecker des Seh-Roths, dass diese licht-vergängliche
Farbe die Ursache des rothen Glanzes der Pupille sei. Das zarte Seh-Roth
ist mit dem Augenspiegel für gewöhnlich nicht wahrnehmbar (O. Becker,
C.-Bl. f. Augenheilk. Sept. 1877, Beilageheft, S. 26), wie ich von vornherein
eingeworfen (Ebendaselbst, Febr., S. 2) mit Hinweis auf das Bild des albi-
notischen Augengrundes von Menschen und Kaninchen: Die Maschenräume
zwischen den erkennbaren Aderhaut-Gefässen erscheinen bei diesen weisslich
oder weisslich-gelb, obschon ja auch hier sehrot-haltige Netzhaut vor der
Leder- und Aderhaut belegen ist. Dass der rothe Glanz der normalen
Pupille bei längerer Betrachtung sich abzustumpfen scheint, ist nicht eine
Folge der von der Belichtung abhängigen Verzehrung des Seh-Roths im unter-
suchten Auge, sondern durch die subjective Ermüdung des Untersuchers
bedingt, die für einfarbiges Licht ja verhältnissmässig rasch eintritt, — und
die man meinetwegen von einer theilweisen Aufzehrung des Seh-Roths im
untersuchenden Auge ableiten mag. Wechselt der Beobachter, wenn
er zwei gleiche Augen besitzt, unter diesen Verhältnissen mit dem unter-
suchenden Auge; so erscheint ein und dieselbe untersuchte Pupille sofort und
unter den gleichen Beleuchtungs-Bedingungen dem ausgeruhten zweiten
Auge in jenem strahlenden Glanze, in welchem sie dem ersten, jetzt ermüdeten

der Netzhaut-Stäbchen hat jener rothe Glanz der Pupille nichts zu schaffen. Das Seh-Roth ist — als vollkommene Lackfarbe vor dem dunklen Hintergrunde — bei der Beleuchtung von vorn im gesunden Menschen-Auge überhaupt nicht sichtbar.

Man kann den rothen Glanz der Pupille als das Zerstreuungs-Bild des rothen Augengrundes betrachten.

Blickt das untersuchte Auge nunmehr etwas nasenwärts, so dass seine Fixir-Linie um etwa 15 Winkel-Grade von der ursprünglichen, wagerechten Mittel-Linie abweicht; so erscheint jetzt der vorher rothe Glanz der Pupille mehr weiss-röthlich oder weiss-gelblich. Natürlich, das von den brechenden Mitteln des beobachteten Auges entworfene (sei es scharfe, sei es verschwommene) Bild der von dem Reflector gespiegelten Lampen-Flamme wird jetzt grade auf den weiss-röthlichen Sehnerven-Eintritt geworfen, der dann auch nach den bekannten Gesetzen der Optik mehr weiss-röthliches Licht zurückwerfen muss.

Wenn wir der Einfachheit halber die Lichtquelle als eine sehr kleine leuchtende Fläche betrachten, so bildet das einfallende Licht etwa einen abgestumpften Kegel, dessen Grundfläche auf der Hornhaut des untersuchten Auges liegt und ungefähr so gross ist, wie seine Pupille.[1])

Auge zu Anfang der Untersuchung erschienen war. Nach Abelsdorff (Sitz.-B. d. K. preuss. Ak. d. Wiss. XVIII, 1895; C.-Bl. f. A. 1895, S. 500) sind die bisherigen Versuche, im lebenden Auge mittelst des Augenspiegels den Seh-Purpur wahrzunehmen, daran gescheitert, dass derselbe von der dahinter liegenden Aderhaut-Röthe nicht getrennt werden kann. Ein weisser, die Aderhaut deckender Hintergrund, wie das Netzhaut-Tapet einiger Fische, gestattet die Wahrnehmung des Seh-Purpurs. Wird ein Bley (Abramis Brama) vier Stunden im Dunklen gehalten, und dann mit dem Augenspiegel untersucht; so ist die Netzhaut an der Stelle des Tapets, also oberhalb des Sehnerven-Eintritts, prachtvoll roth; im übrigen aber schwarzgrünlich. Bei längerer Belichtung geht diese rothe Farbe in Weissgelb über. Dieses Weissgelb verwandelt sich, nach längerer Verdunklung, wiederum in die rothe Farbe.

[1]) Genauer, wie das von dem brechenden System der Hornhaut des untersuchten Auges entworfene, leicht (im Verhältniss von etwa $\frac{31}{27}$) vergrösserte Bild der Pupille.

Für diesen Fall der Lichtbrechung kommt die hintere Haupt-Brennweite des Hornhaut-Systems, $F_1 = 30,8$ Mm., in Betracht. (Vgl. Th. I, S. 104.) Es ist dann $\varphi_1 = -(30,8-3,5) = -27,3$ Mm. Der hintere Brennpunkt des Hornhaut-Systems B_1c liegt 30,8 hinter der Hornhaut; der Pupillen-Rand, der Gegenstand dieser Licht-Brechung, 27,3 Mm. vor $B_1 c$. Die Bild-Grösse berechnet sich nach Th. I, S. 89, Gl. 3.

$$\frac{\beta_1}{-\beta_2} = \frac{\varphi_1}{F_1}. \text{ Also } -\beta_2 = \frac{F_1}{\varphi_1} \cdot \beta_1 = -\frac{30,8}{27,3}\beta_1; \text{ d. h. } \beta_2 = \frac{30,8}{27,3}\beta_1.$$

Das zurückkehrende Licht bildet einen abgestumpften Kegel von genau derselben Grösse; aber die Helligkeit der zurückkehrenden Strahlung ist geringer, als die der einfallenden, — oder, um eine grobe. jedoch anschauliche Vereinfachung zu gebrauchen: die Lichtstrahlen in dem zurückkehrenden Bündel sind lockerer, — weniger dicht gedrängt.

Ist in dem kegelförmigen Raum der zurückkehrenden Strahlen irgend ein undurchsichtiger Körper vorhanden, dessen Querschnitt an Ort und Stelle den des Strahlen-Bündels im Auge erreicht oder überschreitet; so kann überhaupt kein Licht zum Augengrunde gelangen und folglich auch keines zurückkehren. Die Pupille bleibt dann glanzlos trotz passender Beleuchtung. Allenfalls kann man das von der Oberfläche des undurchsichtigen Schirmes zurückgeworfene Licht wahrnehmen, z. B. einen graulichen Schimmer, wenn die Krystall-Linse des untersuchten Auges vollständig getrübt ist. Erweiterung der Pupille des Kranken erweitert den Querschnitt des zurückkehrenden Strahlen-Bündels. In manchen Fällen wird nach Erweiterung der Pupille wieder ein Randgürtel der letzteren leuchtend, während vorher bei enger Pupille ein Glanz derselben nicht wahrzunehmen war. Man begreift also leicht, wie wichtig es ist, nicht gleich mit vollem Dampf zu arbeiten, d. h. nicht von vornherein möglichst starkes Licht in die Pupille zu werfen. Im Gegentheil, sehr gewöhnlich wird man bei begrenzten Trübungen mit Vortheil den licht-schwachen, ebenen Spiegel anwenden, statt des licht-starken Hohl-Spiegels; oder, wer nur den letzteren zu seiner Verfügung hat und nichts Rechtes wahrnehmen konnte, wird zu seiner Ueberraschung sofort besser sehen, wenn er die Beleuchtungs-Flamme abschwächt oder weiter abrückt. Begreiflicherweise kann unter Umständen eine künstliche Erweiterung[1]) der Pupille nothwendig scheinen, um

---

Die Vergrösserung der Pupille des untersuchten Auges durch die Licht-Brechung an der eignen Hornhaut des Auges ist sehr gering, da die Pupille von der Hornhaut nur um ein Kleines (3,5 Mm.) absteht und die entsprechende Brennweite der Hornhaut (30,8 Mm.) weit grösser ist, als jener Abstand.

1) Ist die künstliche Pupillen-Erweiterung nothwendig zum Augenspiegeln, so wünscht man, dass sie rasch wieder vorübergehe. Von Vortheil ist zu diesem Behufe eine ganz dünne Atropin-Lösung: Atropini sulf. 0,02; Aq. dest. r. c. 1000, d. h. 1 : 5000. Man bereitet eine solche Lösung, indem man in einen Theelöffel voll (sterilisirten) Wassers 2 Tropfen der gewöhnlichen ½procentigen Atropin-Lösung (0,05 : 10,0) einträufelt. Bei weitem am besten ist: Homatropin. hydrobrom. 0,03; Aqu. dest. r. c. 3,0. [Vgl. über die diagnostische Pupillen-Erweiterung Th. I, S. 39.] — In zweifelhaften Fällen träufle man nach der Untersuchung sofort wieder Eserin ein.

eine genaue Diagnose zu stellen. Es ist aber rathsam, sowie man einigermaassen geübt ist, davon nur einen sparsamen Gebrauch zu machen. Die vollkommenere Kunst-Uebung hat uns für die übergrosse Mehrzahl der Untersuchungen dieses meist lästige (und in sehr seltnen Fällen sogar gefährliche) Mittel vermeiden gelehrt.

Mitunter bleibt auch die ganz erweiterte Pupille vollkommen glanzlos. So zum Beispiel, wenn, wie erwähnt, die Krystall-Linse vollständig getrübt und dabei dunkelbraun,[a] oder wenn der Glaskörper in grosser Ausdehnung mit Blut erfüllt ist. In letzterem Fall erkennt man mitunter bei seitlicher Beleuchtung das rothe Blut hinter der durchsichtigen Krystall-Linse.

a) Cataracta nigra

In denjenigen Fällen, in welchen der Querschnitt des undurchsichtigen, schattenden Körpers kleiner ist, als in gleicher Tiefe der des Lichtstrahlen-Kegels, erscheint auf dem rothen Felde der erleuchteten Pupille eine dunkle Stelle von der dem Bilde jenes Körpers entsprechenden Grösse und Gestalt.

Aber auch in solchen Fällen, wo bei grade-aus gerichteter Seh-Achse des beobachteten Auges der rothe Glanz seiner Pupille nicht von dunklen Stellen unterbrochen scheint, muss man die Untersuchung noch weiter fortsetzen und bei gehobenem Oberlid des untersuchten Auges nachforschen, ob seitlich gelegene oder bewegliche Trübungen zu entdecken sind.

Ist in der Krystall-Linse die ihrem Umfang benachbarte Partie von Trübung-Streifen durchsetzt, befindet sich ein Blasenwurm, ein Fremdkörper am Boden des Glaskörpers; so kann man nur bei seitlichen Blick-Richtungen des Untersuchten die Art der Erkrankung erkennen.

Beweglich ist eine Trübung, welche ihre Bewegung noch fortsetzt und durch das roth erleuchtete Pupillen-Feld herabgleitet, wenn das untersuchte Auge nach Ausführung seiner Drehungen bereits wieder in die Ursprungs-Lage mit grade-aus gerichteter Blick-Linie zurückgekehrt ist und ruhig verbleibt.

Eine einfache Vorstellung von einer solchen Bewegung können wir gewinnen, wenn wir einen Kübel voll Wasser, in dem einige Holzscheite schwimmen, hin- und herschwenken und dann plötzlich festhalten; die Bewegung des Wassers und die leichter sichtbare der Holzscheite wird noch für einige Zeit fortdauern.

Bewegliche Trübungen können nur in den flüssigen oder verflüssigten Theilen der Augen-Mittel vorkommen, also in der Vorder-

kammer oder im Glaskörper.[1]) Sollte die Vorderkammer bewegliche Körper[2]) enthalten, — was, abgesehen von dem Falle der Verletzung und der Eiter-Ansammlung, recht selten ist; — so hätte man sie schon entdecken müssen bei der vorläufigen Betrachtung mit unbewaffnetem Auge, mit welcher ja jede ärztliche Diagnostik, auch die unsre, beginnen muss.

Die beweglichen Trübungen, welche man erst mit dem Augen-Spiegel entdeckte, haben für gewöhnlich ihren Sitz im Glaskörper, der dabei eine theilweise Verflüssigung[3]) erfahren hat.

Sieht man eine Trübung im rothen Pupillen-Feld, die bei den Bewegungen des untersuchten Auges aufwirbelt und, wenn das letztere wieder ruhig steht, langsam durch das erleuchtete Pupillen-Feld hinabsinkt; so muss man, vorausgesetzt, dass die Vorderkammer frei war, eine bewegliche Trübung im Glaskörper annehmen.

Auch die Ortsbestimmung fester Trübungen (der Hornhaut, der Linse, zum Theil des Glaskörper-Raumes[4]) ist überraschend einfach.

---

1) Die Krystall-Linse kann wohl auch ganz flüssig werden; dann ist sie auch ganz undurchsichtig. (Milch-Star.) Bei der Verflüssigung der Rinde des Alter-Stars (*Catar. Morgagn.*) sieht man vom blossen Auge den gelben Kern langsame Bewegungen ausführen, in der weissen Flüssigkeit verschwinden, wenn der Kopf des Kranken nach hinten gebeugt wird, gegen die Vorderkapsel sich anlehnen, wenn der Kopf nach vorn gesenkt wird: für die Augenspiegelung kommen diese Zustände der Krystall-Linse nicht in Betracht.

2) Ich beobachtete drei Monate hindurch eine alte Frau mit hochgradiger Seh-Achsen-Verlängerung, Verschiebung der getrübten Linse in den Glaskörper auf beiden Augen und rechtsseitiger Iris-Ablösung nach einem heftigen Stoss. In der rechten Vorderkammer schwebt ein über millimetergrosses, blutrothes Flöckchen (Geweb-Stückchen). Nach einigen weiteren Monaten war dasselbe geschwunden. — 16 Jahre nach Eindringen eines Eisensplitters machte ich die Iris- und Kapsel-Zerschneidung des linsenlosen Auges und holte den Splitter mit dem Magnet. Ein gelblicher Geweb-Fetzen schwimmt bei aufrechter Kopfhaltung in der Vorderkammer und schlüpft sofort durch die weite Kapsel-Oeffnung in den Glaskörper, sowie der Kopf des Kranken nach hinten geneigt wird: bis ich ihn, 2 Jahre später, wegen Reizung des Auges, aus einem kleinen Hornhautschnitt herausholte. (Die Magnet-Operation 1899, S. 62.) — Gelegentlich beobachtet man in der Vorderkammer auch freie Pigmentklümpchen, die vom Pupillen-Rand sich gelöst haben. Blut und Eiter in der Vorderkammer sind i. A. nur langsam und wenig beweglich.

3) Hierbei handelt es sich öfters nicht um eine Verflüssigung der Glaskörper-Masse, sondern um Flüssigkeits-Ansammlung im Glaskörper-Raum, d. h. um Ablösung des Glaskörpers von der Netzhaut durch ausgeschwitztes Wasser. Allerdings kommen auch mit Wasser gefüllte Räume (Cysten) im Glaskörper-Gewebe vor.

4) Die gewöhnlichen Trübungen des Glaskörpers sind beweglich; einzelne sitzen mit dem einen Ende am Augengrund, gelegentlich auch

A) Die festen Trübungen müssen ja mit den Drehungen des Augapfels ihren Platz im Raume und folglich

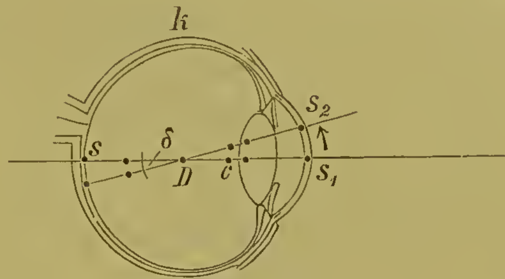


Fig. 24.

auch ihre scheinbare Lage im erleuchteten Pupillen-Felde ändern. Es sei *k* (Fig. 24) das untersuchte Auge; S_1 S, in seiner Ursprungs-Lage, die Seh-Achse oder Gesichts-Linie; *D* der Drehpunkt des Auges, welcher bekanntermaassen im emmetropischen Auge etwa 1,7 Mm. hinter dem Mittelpunkt der Seh-Achse, im Glaskörper, belegen ist; S_1 der physiologische Mittelpunkt der Hornhaut, d. h. derjenige Punkt, in welchem die Gesichts-Linie die Vorderfläche der Hornhaut schneidet.[1]) Wir denken uns auf der Gesichts-Linie eine Reihe von kleinen Trübungen: vor, in und hinter dem Drehpunkt. So lange das untersuchte Auge in der Ursprungs-Lage verharrt, müssen diese Trübungen sich decken und als ein dunkler Schatten in der Mitte des beleuchteten Pupillen-Feldes erscheinen. Wird nunmehr vom untersuchten Auge eine bestimmte Drehung, gemessen durch den Winkel δ, vorgenommen, zum Beispiel der Scheitel der Hornhaut (S_1) gehoben; so haben die auf der Gesichts-Linie S_1 S befindlichen Trübungen ihren Platz im Raume geändert: die vorderen, vor dem Drehpunkte befindlichen Trübungen sind gehoben, die hinteren sind gesenkt; und zwar ist bei der gleichen Winkel-Geschwindigkeit, welche die Bedingung darstellt für die Drehung eines festen Körpers um einen unverrückten Drehpunkt, die lineare Abweichung um so grösser, je weiter die Trübung vom Drehpunkte absteht. Nur eine im Drehpunkt selber oder in seiner unmittelbaren Nachbarschaft befindliche Trübung hat ihre Stelle im Raume nicht verlassen. Dies ist ebenso einfach, wie richtig. Trotzdem lässt es sich für die Diagnose des Trübungs-

---

an der Hinterfläche der Krystall-Linse fest: doch kommen Fremdgebilde vor, die nicht blos mit dem einen Ende am Augengrund festhaften, sondern im Ganzen starr sind und in den Glaskörper-Raum hervorragen, z. B. eingedrungene Eisensplitter.

1) Im emmetropischen Normal-Auge ungefähr 5° schläfenwärts vom geometrischen Hornhaut-Mittelpunkt.

Sitzes nicht unmittelbar verwerthen, weil wir den im Raume dabei unverrückt verharrenden Drehpunkt nicht sehen können.

Wir richten uns, um die Lage der in verschiedener Tiefe auf der Seh-Achse des untersuchten Auges belegenen Trübungen zu beurtheilen, zunächst nach dem Hornhaut-Reflex. Das ist das von der spiegelnden Hornhaut selber gelieferte Bildchen der Beleuchtungs-Flamme.[1])

Dieser Hornhaut-Reflex liegt bei der Ursprungs-Lage des untersuchten Auges auf der beiden Augen gemeinschaftlichen Gesichts-Linie und deckt eine im Drehpunkt des untersuchten Auges gedachte

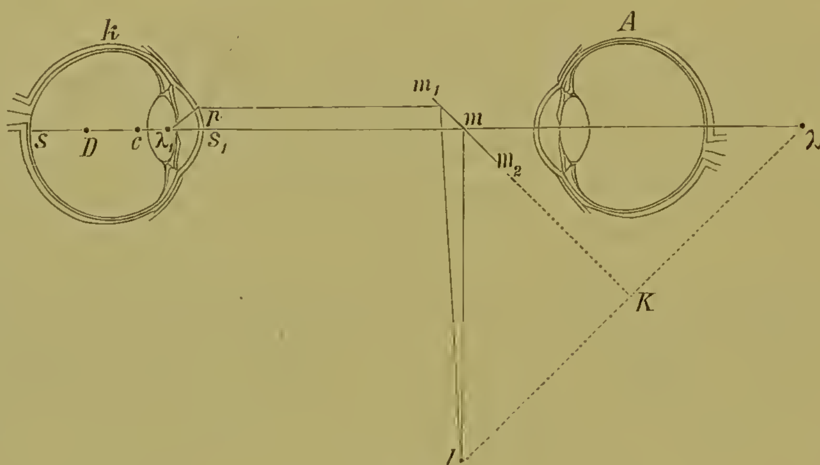


Fig 25.

Trübung. Ist (in Fig. 25) l die Licht-Flamme, $m_1\ m_2$ der schräg gestellte Plan-Spiegel, A das Auge des Untersuchers, k das des Untersuchten: so wird λ das von dem Plan-Spiegel entworfene Bild von l; und λ_1 das von der Hornhaut des untersuchten Auges gespiegelte Bild von λ. Bekanntermaassen wird λ gefunden, indem man von l auf die (erweiterte) Spiegel-Ebene $m_1\ m_2$ das Loth $l K$ fällt und dieses um seine eigene Länge verlängert. ($l K = K \lambda$. Vgl. Theil I, S. 197.) Der Abstand λS_1 ist eine beträchtliche Grösse (mindestens doch $10'' = 270$ Mm.) gegen die

1) Ein wirkliches Flammen-Bildchen sieht man bei Anwendung eines Plan-Spiegels oder eines Hohl-Spiegels von kurzer (etwa 10 Ctm. betragender) Brennweite. Bei Verwendung eines Hohlspiegels von längerer (etwa 20 Ctm. betragender) Brennweite muss, unter den gewöhnlichen Untersuchungs-Bedingungen, die spiegelnde Hornhaut ein Bild der scheinbar leuchtenden Spiegel-Fläche liefern, da der (gewöhnlich 30 Mm. breite) Spiegel nicht gross genug ist für das ganze (unter diesen Umständen vergrösserte oder doch nur wenig verkleinerte) Spiegelbild der Flamme. Vgl. Dimmer (A. f. O. 38, 4, S. 22, 1892), der zur Klarlegung dieser Dinge Vieles beigetragen, und auch Stevenson, American J. of ophthalmology, Dez. 1890.

Brennweite b des von der untersuchten Hornhaut dargestellten erhabenen Kugel-Spiegels. (b = 4 Mm., d. i. die Hälfte des Krümmungs-Halbmessers der Hornhaut. Vgl. Th. I, S. 196.) Folglich liegt λ_1 ungefähr 4 Mm. hinter der Hornhaut-Fläche, d. h. dicht hinter der vorderen Linsen-Kapsel, da ja bekanntermaassen ein erhabener Kugel-Spiegel von fernen Gegenständen, (die um mehr als das Zehnfache des Krümmungs-Halbmessers von der spiegelnden Fläche abstehen,) Bilder in der Nähe seines Brennpunktes entwirft. Es sind wesentlich nur die nahezu senkrecht auf die untersuchte Hornhaut gelangenden Strahlen von l (z. B. $\lambda m S_1$), welche nach der Spiegelung an der Hornhaut wieder zurück in die immerhin enge Pupille des Untersuchers gelangen können, während die schräg auf die beobachtete Hornhaut fallenden Strahlen (wie $m_1 p$) nach seitlichen Richtungen zurückgeworfen werden.[1])

Wir können die spiegelnde Hornhaut-Fläche als eine Kugel-Fläche um den Krümmungs-Mittelpunkt c, also mit dem Krümmungs-Halbmesser $c S_1$ = 8 Mm.,[2]) betrachten, da es sich bei diesen Untersuchungen nur um kleine Drehungen des zu prüfenden Auges handelt, so dass nur die dem physiologischen Mittelpunkt der Hornhaut benachbarten Theile zur Spiegelung gelangen.

Wenn c mit D zusammenfiele, so würde nach Ausführung einer Drehung der Hornhaut-Reflex fortfahren, den Drehpunkt zu decken. Da aber c etwa 8 Mm., D etwa 13 Mm. hinter der Hornhaut-Vorderfläche belegen ist;[3]) so muss bei einer Drehung des untersuchten Auges mit dem vorderen Scheitel S_1 nach oben, um den Winkel δ, auch der Punkt c (Fig. 24) merklich gehoben werden. Der Mittelpunkt des Hornhaut-Reflexbildes muss aber stets auf der durch c gehenden Gesichts-Linie des Beobachters liegen;[4]) folglich nach Ausführung dieser Drehung dem letzteren höher liegend erscheinen, als vor derselben.

Ein einfacher Versuch lehrt in der That, dass der Hornhaut-Reflex, bei kleinen Drehungen des Auges, im Raume sich verschiebt. Ich lasse das untersuchte Auge ruhig grade-aus blicken und halte vor dasselbe wagerecht eine Nadel derart, dass ihre Spitze den Hornhaut-Reflex hälftet. Sowie das untersuchte Auge nach oben (nach der oberen Stirn-Gegend des Beobachters) blickt, ist dem letzteren der

1) Natürlich ist cp im Punkt p das Loth auf der Hornhaut-Fläche.

2) Genauer 7,7 Mm.

3) Der Durchschnitt der Hornhaut bildet einen Epicyclus auf dem der Lederhaut.

4) Das von einem Kugel-Spiegel entworfene Bild eines fernen Lichtpunktes liegt stets auf der Graden zwischen Lichtpunkt und Krümmungs-Mittelpunkt. Vgl. Th. I, S. 196.

Hornhaut-Reflex oberhalb der Nadelspitze sichtbar; und unterhalb, sowie das untersuchte Auge nach unten (z. B. nach dem Kinn des Beobachters) hinblickt. Der Beobachter muss dabei die Nadel mit seinem Auge stetig fixiren und mit seiner Hand ruhig festhalten.[1])

Richten wir uns also nothgedrungen nach dem Hornhaut-Reflex, so können wir sagen:[2]) Eine umschriebene Trübung, welche im Krümmungs-Mittelpunkt der Hornhaut (d. h. in *c* Fig. 24 und 25) belegen ist, wird nach der Drehung auch noch vom Hornhaut-Reflex gedeckt bleiben; eine Trübung, die vor dem Krümmungs-Mittelpunkt der Hornhaut liegt, verschiebt sich in Bezug auf den Hornhaut-Reflex in demselben Sinne, wie der vordere Scheitel des untersuchten Auges; im entgegengesetzten Sinne aber eine solche Trübung, die hinter dem Krümmungs-Mittelpunkt der Hornhaut liegt, also eine Trübung im Glaskörper.

Allerdings ist die Trübung im Glaskörper meist beweglich und wird sofort nach der Drehung des untersuchten Auges wieder emporgeschleudert. Beweglichkeit bei ruhig gestelltem Auge ist doch das wichtigste Unterscheidungs-Merkmal der Glaskörper-Trübung. Im wesentlichen handelt es sich also bei dieser klinischen Untersuchung um die Aufgabe, feste Trübungen der hinteren Schichten der Linse, der mittleren, der vorderen, sowie solche der Hornhaut von einander zu trennen.[3])

Eine punktförmige Trübung am hinteren Scheitel der Krystall-Linse, die am ehesten und sichersten bei der Durchleuchtung, als dunkler Punkt im rothen Felde, entdeckt wird, sitzt nur um Bruchtheile eines Millimeters vor dem Punkte *c*: sie wird vom Hornhaut-Reflex gedeckt, wenn der Kranke in das untersuchende (z. B. rechte) Auge des Arztes grade hineinblickt. Lässt der Beobachter jetzt nach seiner Stirn, nach seinem Munde, nach seinem rechten Ohr, nach seinem linken Jochbein das untersuchte Auge hinblicken, so haftet der Hornhaut-Reflex in jedem Fall ziemlich genau

---

1) Die scheinbare Bewegung des Hornhaut-Reflexes ist ausgiebiger! Wenn das untersuchte Auge grade-aus blickt, deckt der Hornhaut-Reflex die Mitte seiner Pupille. Wenn das untersuchte Auge so nach oben blickt, kommt der Hornhaut-Reflex dem unteren Pupillen-Rande nahe, u. s. f.

2) Vgl. Dimmer, a. a. O.

3) Die Diagnose ist erst fertig und sicher, wenn man auch noch die seitliche Beleuchtung, von der gleich die Rede sein soll, neben der Durchleuchtung, von der wir jetzt handeln, mit angewendet hat.

an der Trübung. Ist die Trübung am hinteren Scheitel der Krystall-Linse etwas ausgedehnter, (wohl auch dicker;) so verschiebt sich der Hornhaut-Reflex auf der Trübung, ohne ihre Fläche ganz zu verlassen. (Vgl. Fig. 26, I.)



Fig. 26.

Blickt das untersuchte Auge grade-aus (α), so deckt der Hornhaut-Reflex die Mitte der Trübung. Blickt das untersuchte Auge nach unten (β), so rückt der Reflex an den oberen Rand der Trübung. Blickt das untersuchte Auge nach oben (γ), so rückt der Reflex an den unteren Rand der Trübung.

Hornhaut-Reflex und Trübung verschieben sich beide gleichsinnig mit der Bewegung des Hornhaut-Scheitels, aber die Trübung etwas rascher, indem sie gewissermaassen hinter dem Reflex hervorgleitet.

Weit ausgesprochener ist die Entfernung der Trübung vom Hornhaut-Reflex, wenn die erstere am vorderen Linsen-Scheitel sitzt; denn dann ist sie von *c* um nahezu 4 Mm. entfernt. (Vgl. Fig. 26, II.) Blickt das untersuchte Auge grade-aus (*a*), so deckt der Reflex die Trübung. Blickt das untersuchte Auge nach unten (*b*), so rückt die Trübung ganz merklich nach unten und trennt sich von dem Hornhaut-Reflex. Blickt das untersuchte Auge nach oben (*c*), so rückt die Trübung ganz merklich nach oben, fort vor dem Reflex.

Je grösser die lineare Verschiebung (S_1 S_2, Fig. 24) einer Trübung, bei dem nämlichen Drehungs-Winkel, ausfällt; desto grösser ist die lineare Entfernung ($S_1 D = S_2 D$) der Trübung von dem Drehpunkt. Den umschriebenen Trübungen der Hornhaut kommt also eine grössere Verschiebung zu, als denen der Krystall-Linse. Wegen dieser grossen Verschiebung werden Hornhaut-Trübungen von Anfängern öfters für beweglich gehalten und irrthümlich als Glaskörper-Trübungen angesehen.

Liegen die Trübungen mehr seitlich von dem Hornhaut-Reflex, in der Ursprungs-Lage des untersuchenden und des untersuchten Auges; so ist die scheinbare Verschiebung der Trübung gegen den Hornhaut-Reflex bei Bewegung des untersuchten Auges von geringerer Bedeutung für die Diagnose. Namentlich die Glaskörper-Trübungen

verschwinden zu rasch hinter dem Pupillen-Rand; man erkennt sie am besten durch ihre schwimmende Beweglichkeit. Die seitliche Linsen-Trübung eilt allerdings deutlich voraus vor dem Reflex im Sinne der Bewegung des untersuchten Auges. Noch stärker eine seitliche Hornhaut-Trübung.

B) Den zweiten Vergleichs-Gegenstand liefert der Rand der Pupille oder ein Theil desselben, wenn wir durch Drehung des untersuchten Auges den Sitz von umschriebenen Trübungen genauer feststellen wollen. In der Ursprungs-Lage ist das einfallende sowie das zurückkehrende Strahlen-Bündel ungefähr ein grader Kegel oder ein Cylinder, dessen Achse ziemlich senkrecht steht auf der fast kreisförmigen Pupille. Die letztere erscheint uns als eine kreisförmige, rothe Fläche. Blickt das untersuchte Auge nunmehr nach oben, wird also die physiologische Mitte seiner Hornhaut (S_1) gehoben, mithin die Pupillen-Kreisfläche um eine hinter ihr gelegene, mit ihrem wagerechten Durchmesser gleichlaufende Achse gedreht; so erscheint die Pupille dem unverrückten, beobachtenden Auge in perspectivischer Verkürzung als eine Ellipse mit verkürztem senkrechten Durchmesser.[1])

Liegt eine Trübung wirklich in der Mitte der Pupillen-Ebene, also auf oder unmittelbar unter der dünnen Vorderkapsel der Krystall-Linse; so behauptet sie den geometrischen Mittelpunkt des Pupillen-Feldes, auch wenn dieses nach der Drehung die ellipsen-ähnliche Form gewonnen hat.

Liegt aber die Trübung auf der Achse der Linse merklich hinter der Vorderkapsel, z. B. im geometrischen Mittelpunkt der Krystall-Linse; so wird sie zwar bei der Ursprungs-Lage gleichfalls in der Mitte des Pupillen-Kreises erscheinen: aber sie wird, wenn der Hornhaut-Scheitel gehoben ist, nicht mehr den Mittelpunkt der jetzt elliptisch erscheinenden Pupille behaupten, sondern dem unteren Rand der Pupille angenähert erscheinen. Denn die Entfernung dieser Trübung von dem Drehpunkt des Auges, also ihre lineare Verschiebung bei der Drehung, ist geringer, als die der Pupillen-Ebene; oder, wie man dasselbe mit andren Worten ausdrücken kann, nach der Drehung ist ihre der Gesichts-Linie des Beobachters parallele Projection auf die Pupillen-Ebene des untersuchten Auges

1) Ebenso, wenn der Hornhaut-Scheitel gesenkt wird. Dagegen erscheint der Pupillenkreis als stehende Ellipse mit Verkürzung des wagerechten Durchmessers, wenn der Hornhaut-Scheitel aus der Ursprungs-Lage seitlich gedreht wird. Doch ist die elliptische Form der Pupille bei den wenig ausgiebigen Bewegungen des untersuchten Auges nur schwach angedeutet.

unterhalb ihrer senkrechten Projection belegen, d. h. unterhalb des wirklichen Pupillen-Mittelpunktes.

Liegt eine Trübung am hinteren Scheitel der Krystall-Linse, so wird sie bei Hebung des untersuchten Auges (bezw. seines Hornhaut-Scheitels) dem unteren Rand der Pupille noch mehr angenähert erscheinen.

Dagegen muss eine umschriebene Hornhaut-Trübung, wenn das untersuchte Auge nach oben blickt, dem oberen Pupillen-Rande angenähert erscheinen. Denn die Hornhaut-Trübung steht weiter ab vom Drehpunkt, als der Pupillen-Rand: beide werden bei der Drehung des untersuchten Auges in gleichem Sinne verschoben, aber die lineare Verschiebung der Hornhaut-Trübung ist grösser.

Eine hinter dem Drehpunkt befindliche Glaskörper-Trübung muss, wenn das untersuchte Auge gehoben wird, rasch hinter dem unteren Pupillen-Rand verschwinden: der untere Pupillen-Rand geht hierbei nach oben, die Glaskörper-Trübung nach unten; beide Geschwindigkeiten oder Verschiebungen summiren sich, wie wenn wir auf einem Dampf-Schiff oder -Wagen an einem andren entgegengesetzt bewegten dicht vorbeifahren.

Der Beobachter kann auch, statt das untersuchte Auge erheben zu lassen, in das ruhig grade-aus schauende Auge des Untersuchten von unten her hineinblicken. Doch rathe ich dem Anfänger, zunächst an die aufgestellten, einfachen Regeln sich zu halten; auch jeden der beiden Vergleichs-Punkte, den Hornhaut-Reflex und den Pupillen-Rand, für sich zu betrachten. Denn aus der Zerlegung erwächst ihm die Klarheit der Anschauung; nicht aus der Zusammenfassung, die allerdings dem Geübten mit einem Blick die richtige Erkenntniss liefert.

Immerhin ist wohl zu bemerken, dass eine wenig bewegliche, tief sitzende Glaskörper-Trübung bei ruhiger Haltung des untersuchten Auges, sowie z. B. der Beobachter seinen Kopf nach der Schläfen- (oder Nasen-) Seite der Kranken hin bewegt, in gleichem Sinne sich zu bewegen scheint und rasch hinter dem Schläfen- (oder Nasen-) Rand der untersuchten Pupille verschwindet.

Aber durch das umgekehrte Bild einer tief sitzenden Glaskörper-Trübung darf man sich nicht täuschen lassen. Man soll auch berücksichtigen, dass bei starker Kurzsichtigkeit eine von der Netzhaut weit abstehende Trübung die entgegengesetzte Verschiebung darbieten kann, wie das umgekehrte Netzhaut-Bild.

Eine 19j. hat R. My 15 *D*. Ich sehe den Sehnerven mit — 20 *D* im aufrechten Bilde, dagegen mit + 5 *D* bläulich-graue Fäden im Glaskörper. Ab-

stand derselben von der Netzhaut etwa 7 Mm. Bei der Durchleuchtung aus 12″ = 30 Ctm. Entfernung und Verschiebung meines Kopfes verschiebt sich die Glaskörper-Trübung in gleicher, das Netzhaut-Bild in entgegengesetzter Richtung.

Ein 58j. hat R. My 15 *D*. Bei der Durchleuchtung aus etwa 30 Ctm. Entfernung sehe ich, neben einer unteren Vene des umgekehrten Netzhaut-Bildes (*v*) und fast gleichlaufend mit ihr, das aufrechte Bild einer fadigen Glaskörper-Trübung (*t*): bewege ich meinen Kopf nach meiner rechten Seite, so verschwindet ziemlich gleichzeitig *t* unter dem Nasen-, *v* unter dem Schläfen-Rand der untersuchten Pupille.

a) focale [1])

14. Die seitliche[a)] Beleuchtung

giebt uns eine werthvolle Unterstützung bei der Untersuchung des Trübung-Sitzes; sie soll nie unterbleiben, wenn man Trübungen im Durchleuchtungs-Felde entdeckt hat.

Die seitliche Beleuchtung ist gleichfalls von Helmholtz[2]) angegeben, von A. v. Graefe und R. Liebreich in die augenärztliche Kunst Uebung eingeführt und für die Untersuchung der vorderen Theile des Augapfels von unschätzbarem Werth.[3])

Mittelst einer Sammel-Linse, etwa von 2″ Brennweite und von 1″ Breite, wird von einer seitlich, etwa in 10—12″ Entfernung befindlichen Lampen-Flamme, ein kleines umgekehrtes Bildchen auf der Hornhaut-Vorderfläche entworfen und dieses unter freihändiger[4]) Führung des Glases nach Belieben über die Hornhaut-Fläche verschoben; dann, durch Annäherung des Glases an das untersuchte Auge, in die tieferen Schichten der Hornhaut, in die Vorder-Kammer, auf die Iris-Ebene, welche mit dem mittleren Bereiche der Vorderfläche des Krystall-Linsen-Körpers so ziemlich zusammenfällt, — und endlich bis zur Hinterfläche des letzteren vorgeschoben.

---

1) *Focus* (lat.) „Herd, Feuerstätte"; übertragen „Brenn-Raum des durch eine Sammel-Linse vereinigten Sonnenstrahlen-Bündels oder überhaupt Vereinigungs-Punkt eines gesammelten Strahlen-Bündels"; focale Beleuchtung bedeutet eine solche, welche die von einer kleinen Lichtquelle ausgehenden Strahlen-Bündel mittelst einer Sammel-Linse auf den untersuchten Punkt vereinigt.

2) Vgl. Helmholtz, A. f. O. I, 2, S. 44, 1855 u. R. Liebreich, A. f. O. I, 2, 351, 1855.

3) Da die seitliche Beleuchtung zu den physikalischen Untersuchungs-Arten des Auges gehört und regelrecht zusammen mit der Augenspiegel-Prüfung gehandhabt wird; so ist hier wohl der Platz davon zu sprechen; aber die Ergebnisse dieser Untersuchungs-Art müssen später an verschiedenen Stellen besprochen werden.

4) Der kleine Finger der die Linse führenden Hand stützt sich hierbei am Kopf des Kranken.

Die optischen Vortheile dieses Verfahrens sind einleuchtend. Erstlich erzeugt man eine starke Beleuchtung an einer umschriebenen Stelle, ohne den Kranken zu blenden. Denn die Lichtstrahlen, welche von einem Punkte des auf oder in der untersuchten Hornhaut entworfenen Flammen-Bildchens auseinanderfahren,[1]) können nicht zu einem scharfen Bilde auf der Netzhaut des untersuchten Auges vereinigt werden: hierselbst entsteht ein grosser, also verhältnissmässig licht-schwacher Zerstreuungskreis. Der Beobachter hingegen hat den Vortheil, dass die Licht-Sammlung eine kleine Trübung der Hornhaut, welche bei der gewöhnlichen Tages-beleuchtung nicht genügend Licht zurückwirft, um von der dunklen Pupille und der undurchsichtigen Iris genügend sich abzuheben, in vollständiger Schärfe abgrenzt. Schiefer Einfall des Lichtes vermehrt die Spiegelung und erleichtert in vielen Fällen die Wahrnehmung. Ebenso kann man feine, zumal mehr rand-ständige Hornhaut-Trübungen gut wahrnehmen, wenn man das Flammen-Bildchen hinter der Hornhaut (auf der Iris des untersuchten Auges) entwirft und die Trübung mittelst der zurückkehrenden Strahlen betrachtet, grade so wie man in dem vor der Pupille gelegenen Bereiche der Hornhaut bei der Durchleuchtung mit dem Augenspiegel die feinsten Trübungen zu erkennen vermag. (Besonders wichtig ist dies bei punktförmigen Hornhaut-Trübungen.)

Tiefen-Abstände werden mittelst der seitlichen Beleuchtung scharf beurtheilt. Eine merkbare Verschiebung des Sammel-Glases ist erforderlich, um nach einander erst auf dem Gipfel, dann an der Grundfläche einer Regenbogenhaut-Geschwulst oder Buckel-Bildung das Flammen-Bildchen zu entwerfen; oder um erst die Pupillen-Ebene, dann die Vorderfläche eines Schicht-Stars mit dem Flammen-Bildchen zu bestreichen; oder endlich um Trübung-Streifen in der vorderen Rinden-Schicht der Krystall-Linse von ebensolchen in der hinteren zu unterscheiden.

Nichts hindert uns, die seitliche Beleuchtung mit der Lupen-Vergrösserung zu verbinden. Ja, die letztere giebt der ersteren erst ihren vollen Werth. Die Beleuchtungs-Linse kann dazu an einem Gestell befestigt, die Lupe freihändig geführt werden; doch besser ist es, man führt mit der rechten die Beleuchtungs-, mit der linken die Betrachtungs-Linse.

---

1) Das Strahlen-Bündel wird durch die Krystall-Linse etwas weniger divergent gemacht, als käme es von einem etwas entfernteren vergrösserten Flammen-Bilde.

Die Vergrösserung der Bilder durch Lupen (und Mikroskope) wird zwar in der Lehre der Heilkunde gepriesen, aber in der Uebung doch nicht regelmässig auf das lebende Auge angewendet. Allerdings finden von Zeit zu Zeit Erörterungen statt über die beste Art der Lupe. Diese sind von geringer Wichtigkeit. Mit einer gewöhnlichen botanischen Lupe[1]) kann man so ziemlich Alles sehen, was die Kranken uns in den vorderen Theilen des Auges zu zeigen belieben. Weit besser ist freilich die von mir seit 20 Jahren eingeführte und auch kurz beschriebene Hartnack'sche Kugel-Lupe, die von Farben-Zerstreuung und Strahlen-Abirrung frei ist und bei genügender (etwa zehnfacher) Vergrösserung uns bis in die Linse, selbst bis in den vorderen Theil des Glaskörpers einzudringen gestattet.[2]) Hiermit untersuchen wir bei auffallendem Licht, erkennen vorher unsichtbare Zustände und sehen die sichtbaren schärfer und richtiger.

Endlich kann man auch ein Mikroskop benutzen, um die vorderen Theile des entweder direct oder mittelst der seitlichen Methode erleuchteten Auges zu untersuchen. Liebreich hat zuerst ein Hornhaut-Mikroskop angegeben, welches zahlreiche Aenderungen erfuhr. Mit Vortheil benutzt man das von Helmholtz angegebene Ophthalmo-Mikroskop, welches gleichzeitig zur Messung der optischen Constanten des lebenden Auges dient, oder das von Donders, welches eine bequeme Mikrometer-Vorrichtung zur Messung des Tiefen-Abstandes der einzelnen Theile der vorderen Augapfel-Abschnitts besitzt, oder auch das von Schiek angefertigte Modell des Augen-Mikroskops.[3]) Hierher gehört auch Westien's binoculäre Lupe mit concavem Augen-Glas und 10facher Vergrösserung. Am besten ist das von Dr. S. Czapski in Jena (gemeinschaftlich mit Dr. Schanz) construirte binoculare Hornhaut-Mikroskop, das bei guter Bild-Qualität ein vollkommen plastisches Sehen gestattet; durch ein kleines Glüh-Lämpchen erscheint die an-visirte Stelle auch stets in der besten Beleuchtung. Die Ver-

---

1) Dieselbe ist für 2 Mark zu haben, Hartnack's für 18, Westien's für 140 Mark, seine kleinere Ausgabe für 60 Mark.

2) Vgl. meine Arbeiten, Eulenburg's Real-Encycl. I. Aufl., X, 134, 1882, und Deutsch. med. W. 1888, N. 25 u. 26. — Die Länge der Lupe beträgt 3/4", der Abstand des Gegenstandes von ihrer Vorderfläche etwa 1/2"; die Linear-Vergrösserung finde ich gleich 10. — Also nicht erst durch die Westien-sche (binoculare) Lupe, wie Prof. Laqueur (Zehender's Mtsbl. 1887, 466) annehmen möchte, haben wir statt dreifacher Vergrösserung eine zehnfache erhalten. — Wenn keine andre Lupe zur Stelle ist, so benutzt man die Sammel-Linse von 3" Brennweite, die in fast jedem Augenspiegel, auch dem kleinsten, neben der von 2" sich vorfindet.

3) Auch v. Wecker u. Gayet haben Hornhaut-Mikroskope angegeben.

grösserungen schwanken (bei schwächerem Ocular) zwischen 9 und 35; der Abstand zwischen Gegenstand und Objectiv wechselt zwischen 75 und 25 Mm.[1])

Alle feststehenden Apparate eignen sich weniger zur Kranken-Untersuchung. Die geprüften Augen halten meistens nicht ganz still, und wir müssen rasch ihren Bewegungen folgen.

15. Der scheinbare Ort vom Trübungen im Auge.

Feine Trübungen in den durchsichtigen Theilen des Auges werden häufiger übersehen, als man glaubt, und nicht blos von Anfängern. Die ophthalmoskopische Durchleuchtung mit einem starken Sammel-Glas (von 2″, 3″, 6″ u. s. w.) hinter dem Spiegel ist hinlänglich bekannt, auch empfohlen; aber nicht allgemein genug geübt. Nachdem ich nachdrücklich darauf hingewiesen, dass man so am sichersten die feinsten Blutgefässe, die in der Hornhaut sich gebildet haben, die feinsten Trübungs-Punkte in der Hornhaut, die kleinsten Bläschen in der Linse, die staubförmigen Trübungen im Glaskörper zu erkennen vermag; ist das Verfahren beliebter und geübter geworden.

Eine optische Kleinigkeit, deren Verständniss aber für die richtige Auffassung verschiedener Krankheits-Zustände nicht unwichtig erscheint, ist der scheinbare Ort der Trübungen.

Wenn auf der Seh-Achse des untersuchten Auges (Fig. 27) die Trübungen *a, b, c, d, e, f* in verschiedener Tiefe angeordnet sind; so werden einige von ihnen durch die Wirkung der brechenden Mittel des behafteten Auges verschoben: ihr scheinbarer Ort fällt nicht mit dem wirklichen zusammen.

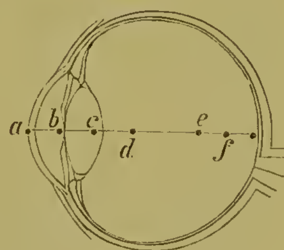


Fig. 27.

I. Die Trübung *a*, an der Vorderfläche der Hornhaut, wird nicht verschoben; aber auch, wenn *a* etwa 0,5 Mm. hinter der Hornhaut-Vorderfläche liegt, ist die Verschiebung unmerklich, nämlich + 0,1 Mm., falls wir die Bewegung nach vorn mit + bezeichnen.

$$\varphi_1 = \frac{F_1 F_2{}^{2)}}{\varphi_2} = \frac{23 \times 30{,}8}{-30{,}3} = \frac{708{,}4}{-30{,}3} = -23{,}4.$$

II. Wichtig ist der Fall *b*, wo die Trübung in der Pupillen-Ebene liegt, weil das Gleiche von dem scheinbaren Ort der Pupillen-Umrandung selber gelten muss.

---

1) Arch. f. O. XLVIII. 1, 229, 1899. (Preis gegen 300 Mark.)

2) Hier kommen die Brennweiten des Hornhaut-Systems in Betracht. Die Entfernung des Gegenstand-Punktes wird von dem hinteren Brempunkt

$$\varphi_1 = \frac{F_1 \; F_2}{\varphi_2} = \frac{23 \times 30{,}8}{-(30{,}8 - 3{,}6)} = \frac{708{,}4}{-27{,}2} = -26.$$

Der scheinbare Ort von b ist 26 Mm. hinter B_1, dem vorderen Brennpunkt des Hornhaut-Systems, d. h. 3 Mm. hinter der Hornhaut; b erscheint um 0,6 Mm. der Hornhaut angenähert.

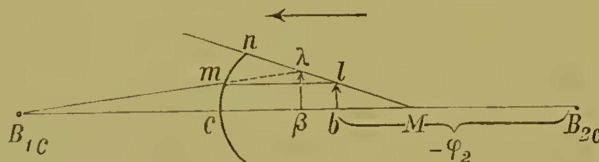


Fig. 28.

Durch die Wirkung der Strahlen-Brechung an der Hornhaut erscheint die Iris der Hornhaut angenähert. Sei bl (Fig. 28) ein licht-entsendender Gegenstand in der Pupillen-Ebene, so wird der der Haupt-Achse parallele Strahl lm ausserhalb des Auges nach $B_1 c$, dem vorderen Brennpunkt des Hornhaut-Systems, verlaufen; der Strahl Mln, welcher durch den Krümmungs-Mittelpunkt M[1]) der Hornhaut geht und lothrecht auf die Hornhaut-Fläche fällt, wird nicht abgelenkt: die beiden Strahlen schneiden sich in λ; $\beta\,\lambda$ ist das leicht vergrösserte und vorgeschobene Bild von $b\,l$. (Die Verschiebung wird gemessen durch das Verhältniss von 0,6 : 3,6 = 1 : 6. — Die Vergrösserung wird gemessen durch das Verhältniss von 31 : 27 d. i. etwa 1,15. Vgl. S. 69.)

III. Die Trübung c (Fig. 27) liege dicht vor der hinteren Linsen-Fläche; also, bei abgeflachter Linse, 7,1 Mm. hinter der Hornhaut oder 3,5 Mm. hinter der Vorderfläche der Linse. Das von c ausgehende Strahlen-Bündel unterliegt, ehe es in das untersuchende Auge gelangt, einer Reihe von Brechungen, die wir ersetzt denken durch zwei: nämlich erstens durch die Brechung an der Vorderfläche der gleichartig[a]) gedachten, mit dem Gesammt-Brechwerth von 1,41 behafteten Krystall-Linse; und zweitens durch die Brechung an der Hornhaut.

a) homogen.

Es ist übersichtlicher, die beiden Wirkungen nicht vereinigt, sondern getrennt zu betrachten.

Zuerst haben wir für die Vorderfläche der gleichartigen Linse die Brennweiten zu ermitteln. (Vgl. Th. I, S. 173, 174.)

$$F_1 = \frac{n_1\, r}{n_2 - n_1} = \frac{1{,}33 \times 10}{1{,}41 - 1{,}33} = \frac{13{,}3}{0{,}08} = \frac{1330}{8} = 166. \text{ (Mm.)}$$

$$F_2 = \frac{n_2\, r}{n_2 - n_1} = \frac{1{,}41 \times 10}{0{,}08} = \frac{1410}{8} = 176.$$

Jetzt gilt für die Wirkung der Linsen-Vorderfläche auf c

$$\varphi_1 = \frac{F_1 \; F_2}{\varphi_2} = \frac{176 \times 166}{-(176 - 3{,}5)} = \frac{28380}{-173{,}1} = -\frac{1}{169}.$$

---

des Hornhaut-Systems gerechnet, die des Bildpunktes vom vorderen Brennpunkt desselben Systems.

1) M liegt 7,7 Mm. hinter c.

Das Bild γ, welches die Linsen-Vorderfläche von *c* entwirft, liegt 169 Mm. hinter ihrem vorderen Brennpunkt, d. h. 3 Mm. hinter ihrem Scheitel oder 6,6 Mm. hinter der Hornhaut, die Verschiebung durch die erste Brechung beträgt nur + 0,5 Mm.

Nunmehr ist γ Gegenstands-Punkt für die zweite Brechung, an der Hornhaut.

$$\varphi_1 = \frac{F_1\ F_2}{\varphi_2} = \frac{23 \times 30{,}8}{-(30{,}8 - 6{,}6)} = \frac{708{,}4}{-24{,}2} = -\frac{1}{29}.$$

γ_1, das schliessliche Bild von *c*, liegt 29 Mm. hinter dem vorderen Brennpunkt der Hornhaut, d. h. 6 Mm. hinter der vorderen Hornhaut-Fläche; die gesammte Verschiebung von *c* beträgt etwa + 1 Mm.

IV. Die Trübung *d* (Fig. 27) liege 3,6 Mm. hinter dem Knotenpunkt des Auges im vorderen Theile des Glaskörpers, d. h. um 7,2 + 3,6 = 10,8 Mm. hinter der Hornhaut oder um 16,6 — 3,6 = 13,0 Mm. vor der Netzhaut.

Jetzt kommt das ganze Doppel-Objectiv des Auges zur Wirkung.

$$\varphi_1 = \frac{F_1\ F_2}{\varphi_2} = \frac{15 \times 20}{-13} = -\frac{1}{23}.$$

Der Bildpunkt δ von *d* liegt 23 Mm. hinter dem vorderen Brennpunkt des schematisch-reducirten Auges, d. h. 8 Mm. hinter der Hornhaut desselben; und da diese um 2 Mm. hinter der wirklichen Hornhaut des nicht reducirten Auges liegt, so ist — 10,0 der scheinbare Ort von δ, d. h. die Verschiebung von *d* ist sehr gering.

Das Ergebniss ist das folgende: *a* wird gar nicht, *b* um + 0,6 Mm., *c* um + 1 Mm., *d* fast gar nicht verschoben.

Beträchtlich ist dagegen die Verschiebung von *e* und noch mehr die von *f*.

V. Es liege *e* um 6 Mm. vor der Netzhaut.

$$\varphi_1 = \frac{15 \times 20}{-6} = -\frac{1}{50}.$$

Das Bild ε liegt um 50 Mm. hinter dem vorderen Brennpunkt des schematisch-reducirten Auges, d. h. 35 Mm. hinter seiner Hornhaut. Steht das beobachtende Auge 1″ = 25 Mm. vor der letzteren, so ist es von ε um 35 + 25 = 60 Mm. entfernt. Der emmetropische Beobachter kann bei erschlaffter Accommodation ein Sammel-Glas von 60 Mm., also $2^1/_2$″ Brennweite (= 16 *D*) als Lupe hinter dem Spiegel anwenden, um das Bild der tiefsitzenden Trübung *e* deutlich zu sehen, — aber kein stärkeres.

Der Kurzsichtige braucht ein schwächeres: bei *My* von $^1/_6$″ (= 6,5 *D*) etwa ein solches von 4″ Brennweite (= 10 *D*). Der Uebersichtige braucht ein stärkeres: bei *H* von $^1/_6$″ (= 6,5 *D*) etwa ein solches von 2″ Brennweite (= 20 *D*). Gemeinhin werden zu schwache Sammel-Gläser von minder Geübten angewendet.[1])

VI. Es liege *f* um 3 Mm. vor der Netzhaut.

$$\varphi_1 = \frac{15 \times 20}{-3} = -100.$$

---

1) Aber selbst Geübtere irren sich öfters bei diesen optischen Verhältnissen.

Das Bild φ des Punktes f liegt 100 Mm. hinter dem vorderen Brennpunkt des schematisch-reducirten Auges, 85 Mm. hinter seiner Hornhaut, also $25 + 85 = 110$ Mm. hinter dem Auge des Beobachters, der, wenn er emmetropisch und accommodations-los, ein Sammelglas von etwa 4″ (= 10 D, genauer 9 D) nöthig hat.[1])

Die obigen Rechnungen sind in möglichst bequemer Weise, mit annähernder Genauigkeit ausgeführt; grössere würde — nichts nützen.

Wie aus VI ersichtlich, entspricht jeder Veränderung der Seh-Achsenlänge (Δs) um $\pm$ 0,3 Mm. ein Hilfsglas (scheinbare Ametropie, Δa) von $\mp 1\ D = {}^1/_{10}''$. Für $\Delta s = 1$ Mm. erhalten wir $\Delta a = 3\ D = {}^1/_{13}''$. (Vgl. Th. I, S. 126 u. 132.) Aber dies gilt nur für das reducirte Voll-Auge. Im linsenlosen[a]) Auge entspricht einer Veränderung der Seh-Achse von $\pm$ 0,6 Mm. jedesmal eine Veränderung der Ametropie von $\mp 1\ D = {}^1/_{10}''$. Für das linsenlose Auge gilt (Th. I, S. 134):

a) aphakischen.

$$F_1\ F_2 = 23 \times 30{,}8 = 708 \text{ (Mm.)}.$$

Wir wollen das linsenlose Auge zunächst als emmetropisch betrachten; dann muss es 30,8 Mm. lang sein, damit ein paralleles, auf die (normal angenommene) Hornhaut fallendes Strahlenbündel in der Netzhaut zu einem punktförmigen Bilde vereinigt werde. Setzen wir jetzt $\varphi_2 = -1$ Mm., so wird $\varphi_1 = \frac{708}{-1} = -708$, d. h. der Verkürzung der Seh-Achse dieses Auges um 1 Mm. entspricht ein negativer Fernpunkt-Abstand von 708 Mm., gerechnet vom vorderen Brennpunkt des Hornhaut-Systems, oder ein Hypermetropie-Zuwachs von etwa 1,5 $D = {}^1/_{24}''$.[2]) Diesen Werth müssen wir bei der Berechnung des Sitzes von Trübungen im linsenlosen Auge zu Grunde legen. Sieht man in einem solchen das scharfe Netzhaut-Bild mit + 10 D, das einer Glaskörper-Trübung mit + 5 D; so liegt die letztere ungefähr 3 Mm. vor der Netzhaut.

Zusatz. So lange die Verschiebung gering ist (für die Trübungen b, c, d), bleibt auch die scheinbare Vergrösserung gering, z. B. für die Pupille $= \frac{31}{27} = 1{,}15$ oder etwa 15 %.

Für die Trübung e im hinteren Theil des Glaskörpers wird die Vergrösserung schon recht merkbar, für f nähert sie sich der Zahl für

---

1) Liegt die Trübung g etwa 3 Mm. vor der Netzhaut eines mit My 9 D behafteten Auges, so braucht der emmetropische Beobachter kein Hilfsglas, um das Bild der Trübung scharf zu sehen; er braucht ein Zerstreuungs-Glas von etwa 10 D, wenn die Trübung h etwa 3 Mm. vor der Netzhaut eines mit My 20 D behafteten Auges liegt.

Im letzteren Fall kann er aber auch das umgekehrte Bild der Trübung, das etwa 10 Ctm. vor dem untersuchten Auge liegt, aus der passenden Entfernung (von etwa $10 + 20 = 30$ Ctm. zwischen den beiden Augen) betrachten.

2) Für das normale, linsenhaltige, emmetropische Auge entspricht die Verkürzung der Seh-Achse um 1 Mm. einem Hypermetropie-Zuwachs von 3 D, also dem doppelten Werthe. (Vgl. Th. I, S. 132.)

die Vergrösserung des aufrechten Bildes bei *H*, nämlich 10. Aber grade die Fälle, wo die Verschiebung gering ist (*a, b, c*), gestatten eine starke Lupen-Vergrösserung, da diese Trübungen in den vorderen Theilen des Auges liegen. Wegen der merkbaren Vergrösserung, also Verdeutlichung der Trübungen und wegen der sicheren Orts-Bestimmung empfiehlt sich folgendes Verfahren.

Die Pupille des untersuchten Auges sei durch Homatropin-Einträuflung erweitert. 1) Der Beobachter, mit + 20 *D* hinter dem (licht-schwachen) Spiegel, nähert sich langsam dem untersuchten Auge (auf etwa 5 Ctm. = 2″), bis er ein ganz scharfes Bild des Pupillen-Randes gewinnt, und entwirft (entweder blos im Geiste oder wirklich) ein Bild dieses Randes und der ganzen Pupillen-Ebene. 2) Hierauf geht er langsam um einige Mm. weiter ab von dem beleuchteten Auge; ganz plötzlich und scharf springen ihm die Trübungen der Hornhaut in das Auge. 3) Nachdem dies Bild betrachtet und studirt ist, kehrt er durch Annäherung wieder zur Einstellung auf die Pupillen-Ebene zurück und dringt, durch weitere Annäherung, tiefer ein, zu den Trübungen der Linse, den vorderen, mittleren, hinteren. 4) Noch weitere Annäherung liefert ein Bild von Trübungen im vordersten Abschnitt des Glaskörpers, während für tiefer sitzende Trübungen des letzteren das Glas + 20 mit + 13 *D*, + 10 *D* u. s. w., durch Drehung der Scheibe, vertauscht wird. Sehr lehrreich sind solche Fälle, wo gleichzeitig feine Trübungen in der Hornhaut, in der Pupillen-Ebene, im Glaskörper vorhanden sind und durch dieses Verfahren auf das deutlichste von einander getrennt werden.

Wegen der Wichtigkeit des Gegenstandes möchte ich ein klinisches Beispiel hinzufügen.

Am 4. XI. 90 gelangte der 15jähr., sonst gesunde O. K. zur Aufnahme, der seit 3 Jahren über Seh-Störung zu klagen hat. $S = {}^1/_2$ bds., mit — 2 *D* sph. ⌒ — 3 *D* cyl.. Achsen fast wagerecht. G. F. gut, wenn auch nicht vollkommen. Bei der gewöhnlichen Durchleuchtung ist von Trübung der brechenden Theile nichts zu sehen, das umgekehrte Netzhaut-Bild erscheint ziemlich deutlich. Sowie aber, nach künstlicher Erweiterung der Pupille beider zu prüfenden Augen, der Beobachter mit + 20 *D* hinter dem Spiegel langsam an das rechte Auge heranrückt, springt plötzlich das in Fig. 29, *a* gezeichnete Bild der Hornhaut-Trübungen ihm in das Auge. Rückt das beobachtende Auge, mit + 20 *D* hinter dem Spiegel, näher heran an das zu untersuchende Auge; so springen, wenn der Pupillen-Rand am schärfsten erscheint, plötzlich die zarten Linsen-Trübungen (Fig. 29, *b*) hervor, während gleichzeitig schon Zerstreuungs-Kreise von Glaskörper-Trübungen sichtbar zu werden anfangen. Bei noch weiterer Annäherung des mit + 20 *D* bewaffneten Auges werden die feinen Glaskörper-Trübungen (Fig. 29, *c*) dicht hinter der Krystall-Linse sichtbar; sie bestehen aus feinsten Punkten und (Körnchenkugel-ähnlichen)

Punkt-Gruppen, auch aus einzelnen Linien, die aus Punkten zusammengesetzt erscheinen, und sind langsam beweglich. Dreht der Beobachter die Scheibe

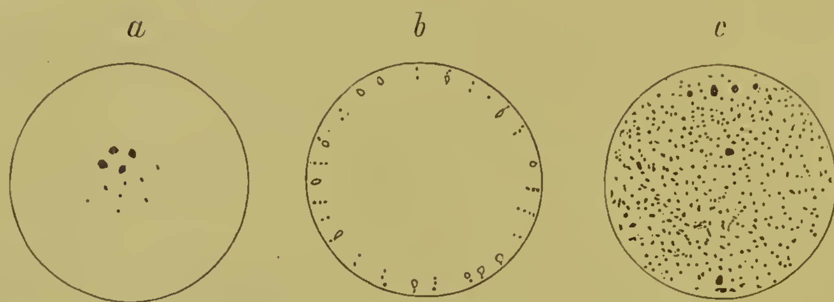


Fig. 29.

des Spiegels, bei unverrückter Kopfhaltung, so dass schwächere Sammel-Gläser hinter das Spiegel-Loch treten; so erscheinen andre Lagen von Glaskörper-Trübungen. Aber der mittlere Theil des Glaskörpers ist ziemlich rein; erst dicht vor dem Augengrund (bei Glas null) treten wieder Glaskörper-Trübungen auf, die etwas gröber und dichter erscheinen. Der Sehnerven-Eintritt ist mit — 5 *D* ziemlich scharf begrenzt. In der Peripherie des Augengrundes sind helle, kurz-streifenförmige Herde sichtbar.

Als das untersuchende Auge mit + 20 *D* für die Hornhaut-Trübungen scharf eingestellt war, brachte eine Drehung der Scheibe, so dass + 15 *D* vor das Spiegel-Loch trat, sofort die Linsen-Trübungen zur Ansicht; und als mit + 20 *D* die Linsen-Trübungen sichtbar waren, brachte eine Drehung der Scheibe auf + 13 *D* die Glaskörper-Trübungen zur Anschauung. Die Hornhaut-Trübungen waren auch bei seitlicher Beleuchtung mit der Hartnack'schen Lupe zu sehen; die Linsen-Trübungen gleichfalls, aber nicht so deutlich.

Das linke Auge zeigte ganz ähnliche Veränderungen.

Eine sechswöchentliche Behandlung mit auflösenden Mitteln führte keine wesentliche Besserung herbei. —

Es giebt Fälle, wo die Kranken über zartes Flimmern und leichten Nebel klagen, und wo lediglich die sorgfältigste Anwendung des beschriebenen Verfahrens uns die Anwesenheit zartester Glaskörper-Trübungen sicher stellt. Das sind Fälle, die bei gröberer Handhabung des Augenspiegels überhaupt nicht diagnosticirt werden.

Leichter zu beurtheilen sind die Fälle von reizloser Regenbogenhaut-Entzündung mit Hornhaut-Punkten und Glaskörper-Trübungen, weil man schon bei der blossen Durchleuchtung mit unbewaffnetem Auge Abweichungen entdeckt.

Fig. 30 stellt das linke Auge einer 49jährigen Frau dar, die seit einigen Monaten in Behandlung steht. (Atropin c. Coc., Hg, Kj.) Das Auge ist äusserlich nicht entzündet, Sehkraft normal. Mit + 20 *D* hinter dem Spiegel erkennt man einzelne gröbere Hornhaut-Punkte (Fig. 30 *a*), während gleichzeitig die Zacken des Pupillen-Randes undeutlich sichtbar werden. Nähert der Beobachter sich weiter an, so tritt die Pupillen-Ebene deutlich hervor. Bei noch weiterer Annäherung (Fig. 30 *b*) erscheint plötzlich das Bild der sogenannten staubförmigen Glaskörper-Trübung, — während gleichzeitig das

Bild der Zacken des Pupillen-Randes wieder undeutlich geworden; aber etwas weniger, als bei der ersten Stellung des untersuchenden Auges.



Fig. 30.

Stellt man sich mit $+20\,D$ hinter dem Spiegel genau auf die Hornhaut-Punkte ein, und hält den Spiegel fest; so sieht man bei leichter Verschiebung seines Kopfes eine deutliche Verschiebung[a] der Hornhaut-Punkte gegen die Zacken im Pupillen-Gebiete. Ueberraschend deutlich und sinnfällig ist diese Verschiebung, wenn man bei seitlicher Beleuchtung mit der Hartnack'schen Lupe auf die Hornhaut-Punkte eingestellt hat und nun sein eignes Auge rasch vor der Lupe hin und her bewegt. Sehr deutlich ist so auch die Verschiebung der vorderen Linsen-Trübungen gegen die hinteren, besonders bei den zahllosen Punkten und Strichelchen der sogenannten Cataract. coerul. congen. u. dgl. a) Parallaxe.

Nachdem wir das allgemein Physikalische über die Erkenntniss des Sitzes von Trübungen im Auge festgestellt, müssen wir zu den durch Erfahrung ermittelten Besonderheiten der Trübungen und der sonstigen Veränderungen in den durchsichtigen Mitteln des Auges übergehen.

16. Untersuchung der Hornhaut.[1]

A. Die Hornhaut muss man zunächst vom blossen Auge bei Tages-Licht[2]) betrachten.

Dabei erscheinen die gröberen Trübungen der Hornhaut am deutlichsten, — die bläulich-weissen, grau-weissen, rein-weissen Flecke und Narben, die weissen und gelblichen Geschwüre und Eiterungen; die lachs-rothen Seg-

1) Auf diesen Gegenstand müssen wir noch einmal, im Abschnitt von den Hornhaut-Krankheiten, zurückkommen.

2) Es ist durchaus unzweckmässig, den Kranken sofort in die dunkle Kammer zu schleppen.

mente von neugebildeten, dicht gedrängten Blutgefässen bei der specifischen Hornhaut-Entzündung, und die Blutgefäss-Bändchen oder Streifchen bei der scrophulösen; die gelben Narben-Schwielen, die blutig-rothen Flecke in der Hornhaut oder auf ihrer Hinterfläche, die grünliche Verfärbung der durchbluteten
a) Sideriosis. Hornhaut; die ockergelbe bei vollständiger Verrostung,[a] die ganz dunkel-
b) Argyrosis. violette, fast schwärzliche bei vollständiger Versilberung,[b] die tinten-schwarze, wenn zufällig Tinte, oder wenn absichtlich chinesische Tusche in das Hornhaut-Gewebe eingebracht ist.

(Feinere Trübungen werden erst durch künstliche Beleuchtung und Vergrösserung erkannt oder deutlich gemacht.)

Krümmungs-Aenderungen treten zu Tage, wenn man das von der Hornhaut gespiegelte Bild des Fensters über die verschiedenen Theile der ersteren wandern lässt und plötzlich auftretende Vergrösserungen, Verkleinerungen, Verzerrungen des Spiegel-Bildes genau beachtet. Wir tasten die Hornhaut-Fläche ab mit dem Licht-Strahl: das ist das feinste Tasten. Sehr nützlich ist die Spiegelung einer Schiess-Scheiben-Figur, um die Krümmung der Hornhaut zu beurtheilen. (Keratoskop.)[1]

B. Nunmehr geht man dazu über, im verdunkelten Zimmer die Hornhaut mittelst der seitlichen Beleuchtung zu bestreichen. Um richtige Schlüsse ziehen zu können, muss man zunächst das Verhalten der gesunden Hornhaut sowohl bezüglich der Krümmung als auch hinsichtlich der Durchsichtigkeit erforscht haben.

Die gesunde Hornhaut des Menschen (und auch andrer Wirbelthiere) ist in ihrem mittleren Bereich (vor dem Sehloch) regelmässiger und auch stärker gewölbt als in dem ausserhalb des Pupillen-Feldes gelegenen Rand-Streifen.[2])

Bei der starken Beleuchtung mit der Sammel-Linse erscheint auch die gesunde Hornhaut des Menschen ganz leicht graulich, wie ausserordentlich fein mattirtes Glas.[3])

---

1) Hierauf und auf die Untersuchung mit dem Ophthalmometer werden wir noch zurückkommen.

2) Am klarsten tritt dieses Verhalten im Auge der Fische zu Tage, die übrigens, so lange sie im Wasser schwimmen, der Hornhaut-Brechung entrathen.

3) Uebrigens besitzt die Hornhaut (ebenso wie die Linse, der Glaskörper, die Netzhaut) eine deutliche Fluorescenz. Fluorescirende Körper verschlucken stets in merklicher Weise diejenigen Strahlen-Gattungen, durch welche ihre Fluorescenz erregt wird. Die Hornhaut verschluckt also die blauen und violetten Strahlen stärker, als die weniger brechbaren rothen. Fällt violettes (und übervioletttes) Licht, welches direct nur einen schwachen Eindruck auf unsre Netzhaut machen würde, zunächst auf die lebende Hornhaut eines Andren; so strahlt die letztere ein weissblaues, unsre Netzhaut

Die seitliche Beleuchtung zeigt uns die kleinsten Entzündungs-Herde,[1]) Narben, Fremdkörper in der Hornhaut. Seitdem wir diese physikalischen Verfahren besser handhaben, ist kein Raum mehr für die von unsren wissenschaftlichen Grossvätern angenommene „idiopathische scrophulöse Lichtscheu“: wir finden eben in diesen Fällen ausnahmslos auf der Hornhaut kleine, weissliche Entzündungs-Herde, welche durch Reizung der empfindlichen Aeste des 5. Hirn-Nerven die sogenannte Lichtscheu veranlassen.

Wenn eine einseitige Linsen-Trübung bei einem sonst gesunden Manne[2]) hinsichtlich ihrer ursächlichen Begründung uns völlig dunkel erscheint, so enthüllt eine genaue Durchmusterung der seitlich beleuchteten Hornhaut nicht selten mit unumstösslicher Sicherheit eine Verletzung als Ursache des Leidens. Wir finden eben eine Narbe, wie sie nur von durchbohrender Verletzung der Hornhaut herrühren kann: nämlich einen kleinen, aber ganz weiss-getrübten Fleck oder Strich oder Winkel oder eine gekrümmte S-förmige Figur — ohne jede zartere, allmählich in die gesunde Hornhaut[3]) übergehende Hof-Bildung. Wie wichtig es ist, den durch eine solche Eingangs-Oeffnung eingedrungenen Fremdkörper nicht zu übersehen, bedarf keiner weiteren Ausführung.

Mitunter kommen Kranke zu uns, die wegen einer plötzlich entstandenen heftigen Entzündung des Auges einen Kranz von Blut-

---

weit kräftiger erregendes Licht aus, ganz ähnlich einer Chinin-Lösung. Deshalb können wir auch mit Vortheil stark gebläute Glas-Cylinder über der Licht-Flamme zur seitlichen Beleuchtung verwenden; diese lassen die mehr brechbaren Strahlen ungehindert durch, während sie von den rothen und gelben einen verhältnissmässig beträchtlicheren Theil verschlucken. Wir schliessen so einen Theil der die Kranken reizenden rothen Strahlen aus, ohne die Helligkeit des von der Hornhaut gespiegelten Lichtes wesentlich herabzusetzen.

1) Auch Schleimflöckchen oder in die dünne Flüssigkeit-Schicht eingeschlossene Luftbläschen auf der Hornhaut. Diese beseitigt man zuvörderst durch sanftes Streichen mit dem Oberlid. Sonst könnten sie später bei der Augenspiegelung den Anfänger zu falscher Diagnose veranlassen. Das letztere gilt auch von der physiologischen Vertrocknung der Hornhaut in ihrem Lidspalten-Theil, bei seltnem Lid-Schlag, besonders auch bei Diabetikern.

2) Auch bei einem Säugling habe ich dies beobachtet, wo höchst wahrscheinlich eine an den Kleidern der Pflegerin haftende Nadel die Durchbohrung der Hornhaut und der Linsen-Kapsel verursacht hatte.

3) Jede nach einem Geschwür der Hornhaut zurückbleibende Narbe zeigt bei der Flächen-Betrachtung das Bild der Schiess-Scheibe: das Centrum ist am stärksten getrübt, wo der Substanz-Verlust am tiefsten eingedrungen.

egel-Stichen am Jochbein tragen: die seitliche Beleuchtung zeigt ein *Eisensplitterchen* in den vorderen Schichten der Hornhaut, das natürlich — nur mit der *Nadel* zu beseitigen ist.

Die kleinen *weissen Pünktchen*, welche wir kurze Zeit nach leichter *Verletzung* bei Arbeitern, aber gelegentlich auch bei Andren, beobachten, enthüllen sich bei der Lupen-Betrachtung als *kleinste* rundliche *Eiter-Herde* mit einem oder zwei Einfalls-Punkten und einem vorschreitenden Rand-Streifen: wir dürfen nicht mehr überrascht sein, wenn *ohne Behandlung* nach einigen Tagen ein ausgebildeter, gefährlicher *Hornhaut-Abscess* daraus geworden sein sollte; aber, von vorn herein durch diese Kenntniss *gewarnt*, sind wir öfters in der Lage, gleich *im Beginn* den Fortschritt zum Schlimmeren durch passende Mittel zu *hemmen*.

Von grösster Wichtigkeit ist es, die seitlich beleuchtete Stelle der Hornhaut mit der *Augen-Lupe* zu betrachten. Das Unklare wird klar, und Unsichtbares wird sichtbar. Man sollte meinen, dass eine punktirte Hornhaut-Entzündung immer leicht zu erkennen sei. *Gewiss*, wenn sie *ausgeprägt ist*; wenn begleitende Reiz-Erscheinungen, wie Röthung im Weissen des Auges, den Arzt auf die richtige Fährte führen. Aber wenn die Reiz-Erscheinungen fehlen, was öfter der Fall ist; wenn die Krankheit im Beginn, oder nach mehr- und selbst viel-monatlichem Bestande nur noch in geringen Resten vorhanden: so wird sie gelegentlich selbst von Geübteren,[1]) falls sie ihr Auge nicht bewaffnen, völlig übersehen, und der Nebel, über den die Kranken klagen, sowie die zarte Verschleierung des Augengrund-Bildes durch Netzhaut-Entzündung erklärt. Gelegentlich erhalten derartige Kranke auch zusammengesetzte Cylinder-Brillen, welche sie allerdings bald — wieder bei Seite legen. Durch die Vergrösserung der Lupe von etwa $^3/_4''$ Brennweite bei seitlicher Beleuchtung (oder von + 2″ hinter dem Spiegel, namentlich nach künstlicher Erweiterung der Pupille,) wird der selbst für ein schärferes, aber unbewaffnetes Auge an der Grenze der Sichtbarkeit befindliche *Punkt zu einem grauen oder bräunlichen Kreise ausgebreitet*; neue feinere Punkte *tauchen auf*, und das Krankheits-Bild tritt uns fast körperlich entgegen. Es ist mehr als Kleinigkeits-Krämerei, nämlich eine wichtige Frage der Praxis, zu entscheiden, ob ein Mensch Regen-

---

1) Seit vielen Jahren benutze ich die feinen Punkte und die nach gewissen Entzündungen der Hornhaut zurückbleibenden Gefässe zur Prüfung — der Sehkraft der *Aerzte*!

bogenhaut-Entzündung gehabt hat oder noch hat. Die Punkte der Hornhaut entscheiden in vielen Fällen.

Ueberhaupt muss man der Lage nach drei Arten von Hornhaut-Punkten[1]) unterscheiden: 1. oberflächliche, 2. tiefsitzende, 3. Beschläge der Innen-Fläche. (Keratitis punctata superficialis, profunda, interna; oder K. p. exterior, media, interior.) Die oberflächlichen sind mit der Lupe leicht als solche zu erkennen. Tiefsitzende von Beschlägen zu sondern, kann schwieriger werden. Beide kommen auch zusammen vor. Bei den Beschlägen ist die Parallaxe sehr bedeutend, gegenüber einem Pünktchen oder Bläschen auf der Vorderfläche der Hornhaut, wenn man unter seitlicher Beleuchtung die Hartnack'sche Lupe verwendet und leichte Seitwärts-Bewegungen seines Kopfes ausführt. Für die Beschläge ist Dreiecks- oder Flammen-Form der ganzen Anordnung kennzeichnend. Grössere Herde können allmählich von hinten nach vorn durchschlagen.

Die oberflächlichen Hornhaut-Punkte sind Folge einer Bindehaut-Entzündung, welche öfters gleichzeitig mit Katarrh der Luft-Wege (Influenza) anhebt. Sie können Monate lang bestehen bleiben. Doch kommt es nicht zur Bläschen- und Geschwürs-Bildung.

Die tiefsitzenden sind Ausdruck einer Regenbogenhaut-Entzündung. (Iritis simplex, I. syphilitica, I. tuberculosa.) Die Beschläge gelten für ein Zeichen der Strahlenkörper-Entzündung. (Cyclitis, Iridocyclitis.)

Aber damit ist die Sache noch keineswegs erschöpft. Tiefere Punkte in der Hornhaut sind Ausdruck und regelmässige Begleit-Erscheinung aller tieferen, inneren Augen-Entzündungen, wenn der Entzündungs-Erreger kräftig genug ist, dass seine (Gift-)Wirkung bis zur vorderen Kammer durchdringt. Oefters sind sie das einzige oder erste oder werthvollste Zeichen einer solchen Entzündung.

Wenn diese Hornhaut-Punkte massenhaft, wie ein dichtgedrängtes Strassen-Pflaster auftreten, können sie dem unbewaffneten Auge nicht entgehen; wenn sie hingegen fein und sparsam sind, vermag nur die Lupe bei scharfer, seitlicher Beleuchtung ihre Anwesenheit zu enthüllen: aber auch in dem ersteren Fall ist die Lupen-Vergrösserung von ausgezeichneter Wirkung. [Vgl. Fig. 31 Hornhaut-Beschläge bei syphilitischer (papulöser) Regenbogenhaut-Entzündung; Fig. 32 tiefsitzende Hornhaut-Punkte in einem Fall von einseitiger Linsen-Trübung.]

Ein vollkommen ausgebildeter und dabei vollkommen einseitiger

---

1) Vgl. auch die werthvolle Arbeit meines ehemaligen Assistenten Dr. H. Friedenwald in Baltimore, the affections of the cornea in plastic iritis, Arch. of Ophthalm. XXV, 2, 1896.

Star bei einem Menschen in der Blüthe-Zeit des Lebens ist sicher Folge entweder einer Verletzung oder einer inneren Augen-Erkrankung.

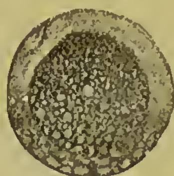

Fig. 31.


Fig. 32.

Fehlt jede Spur von Verletzung nach der Kranken-Befragung und nach dem Befunde; so enthüllt uns der Nachweis von spärlichen, bräunlichen Punkten in der Hornhaut die Anwesenheit einer inneren Augen-Erkrankung, die, wenn sie auch, bei guter Licht-Empfindung und Projection, die Star-Operation keineswegs ausschliesst, doch immerhin wichtige Winke für unser Handeln uns zu Theil werden lässt.

Der so tückische Beginn sympathischer Augen-Entzündung, namentlich bei kleinen Kindern, wird am ehesten durch den Nachweis von tieferen Hornhaut-Punkten erkannt; und in den seltenen, glücklich verlaufenden Fällen wird das Erlöschen der sympathischen Entzündung nach Jahre langem Bestande durch das schliesslich vollständige Verschwinden der Hornhaut-Punkte bekräftigt. Noch nie habe ich nach der Ausschälung des verletzten Augapfels das Entstehen der sympathischen Entzündung beobachtet, wenn ich vorher die Hornhaut des zweiten Auges bei der Lupen-Betrachtung frei von Punkten gefunden hatte.[1]) In Fällen schwerer, wenn auch nicht hoffnungsloser sympathischer Entzündung findet man neben der Entartung der Regenbogenhaut das Augengrund-Bild fast unerkennbar, obwohl die Hornhaut den unbewaffneten Augen kaum getrübt erscheint: die Lupe enthüllt als Ursache dieser Verschleierung ein dichtgedrängtes Pflaster feinster Hornhaut-Punkte.

Es giebt eine ganz schleichend anhebende Augenkrankheit, die mit zartesten, entzündungsfreien Punkten in der Hornhaut-Substanz beginnt, bei noch guter Sehkraft; trotz scheinbar zweckmässiger Behandlung immer fortschreitet und schliesslich im Verlauf von Jahren in Schwund und Aushöhlung des Sehnerven endigt: der erste Beginn

---

1) Ich vermisse diese Angabe in solchen Fällen, wo man Entstehung der sympathischen Augen-Entzündung längere Zeit nach der Ausschälung angenommen und beschrieben hat. Zwei Fehler-Quellen sind vorhanden. Einmal kann die sympathische Entzündung schon vor der Ausschälung, fast unmerklich, bestanden haben. Sodann kann die Entzündung des 2. Auges eine andre Ursache besitzen, z. B. die Tuberkulose.

des ernsten Leidens ist nur durch Lupen-Betrachtung der Hornhaut zu erkennen.

Es giebt eine andre fortschreitende Augenkrankheit, die man zur peripherischen Choriïo-Retinitis rechnen könnte, die nicht so üble Ausgänge nimmt, wie die soeben genannte, und bei der die Anwesenheit zarter Hornhaut-Punkte nicht blos für das erste Erkennen, die Diagnose, von grösster Wichtigkeit ist, sondern auch ein hauptsächliches Zeichen darstellt, um das schliessliche Erlöschen des Processes zu beurtheilen.

Es giebt eine heilbare Augenkrankheit, lediglich bei blutarmen Jungfrauen, welche auf verborgener Netzhaut-Blutung[1]) beruht und durch kräftigende (Eisen-)Behandlung geheilt werden kann: ihr erstes und vornehmliches Zeichen sind Hornhaut-Punkte, die öfters irrig als Ausdruck angeborener Lues betrachtet und behandelt werden. Gelegentlich ist leichte Druck-Steigerung zugegen, die wohl Eserin, aber nicht die Iridectomie erheischt.

Gegenüber diesen nur mit der Lupe erkennbaren Krankheits-Formen will ich zum Schluss noch erwähnen, dass die mit entzündlicher Drucksteigerung gepaarte Hornhaut-Punktirung (Keratitis, Kerato-ïritis glaucomatosa) zwar sehr leicht erkennbar, aber desto schwerer heilbar zu sein scheint.[2])

Obwohl die freihändig geführte Lupe nur eine zehnfache Linear-Vergrösserung liefert, so wirkt sie doch ganz Erhebliches und leistet uns wesentliche Dienste. Bei einem starken Anfall von Drucksteigerung[a]) erkennt man allerdings schon vom blossen Auge, dass die Hornhaut des kranken Auges rauchig getrübt und matt, das von ihr gespiegelte Bild einer Flamme oder des Fenster-Kreuzes nicht scharf begrenzt ist. Aber bei leichteren Anfällen muss man das von dem mittleren Bezirk[3]) der Hornhaut gespiegelte Bild der Lampen-Flamme mit der Lupe betrachten: bei keiner Einstellung wird es vollkommen scharf; am Rande des Flammen-Bildes schiessen, wie Fransen, ganz zarte Strahlen auf,

a) Glaucoma acutum.

---

1) Auch bei der wiederkehrenden Glaskörper- und Netzhaut-Blutung jugendlicher Individuen finden sich Hornhaut-Punkte.

2) Es giebt Fälle, wo Physostigmin-Einträufluug nicht vertragen wird, sogar Verschlimmerung bewirkt; es giebt Fälle, wo regelrechte Iridectomie, Punction, diametrale Iridectomie doch den im Verlauf der Jahre immer weiter fortschreitenden Verfall der Sehkraft nicht zu hemmen im Stande ist.

3) Im Rand-Gürtel der Hornhaut ist diese Erscheinung nicht so gut zu beobachten. — Es ist besser das Bild der Lampen-Flamme unmittelbar von der Hornhaut spiegeln zu lassen, ohne die Linse zur seitlichen Beleuchtung anzuwenden.

die bei kleinen Bewegungen der Lupe oder des untersuchten Auges kommen und schwinden und von feinen Unregelmässigkeiten der Hornhaut-Vorderfläche herrühren.[1]) Bei starker, entzündlicher Drucksteigerung erscheint dem mit der Lupe bewaffneten Auge das Flammen-Bild der Hornhaut als ein unregelmässiger, vielspitziger Licht-Fleck.

Wenn einmal Cholestearin-Krystalle, bei Glaskörper-Leiden und Verschiebung der getrübten Linse, der Hinterfläche der Hornhaut anhaften; so enthüllt die Lupe in ihnen[2]) das herrliche Farben-Spiel der dünnen Plättchen: ein Krystall glüht in lebhaftem Grün, ein benachbarter in prachtvollem Purpur. Die Farben dünner Schichten zeigt uns die Lupe auch „bei feuchtem Aug'“ an dem Reflex der Augapfel-Bindehaut, wo die verschieden gefärbten Felder durch unregelmässige, geschlossene Curven abgegrenzt werden, wie bei einer dünnen Theer-Schicht, die im Hafen bei verankerten Schiffen auf dem Wasser schwimmt.

Ja, der Anfänger muss sich hüten, nicht zu viel zu sehen; d. h. er soll nicht einfache Zustände mit schwereren verwechseln. Bei dem gewöhnlichen Schleimfluss der Bindehaut enthüllt uns die Lupe zahlreiche Tropfen auf der Vorderfläche der spiegelnden Hornhaut, die gelegentlich so aussehen, wie Herpes der Hornhaut dem unbewaffneten Auge erscheint. Aber diese Tropfen fliessen! Sie lassen sich auch mit Hilfe des Oberlids verschieben oder fortwischen. Nach der Einwirkung des Oberlids sieht man gelegentlich eine Schaar von rippenförmigen Linien, (noch deutlicher bei der Durchleuchtung mit + 20 *D* hinter dem Spiegel,) die keine bleibende Bedeutung besitzen.

---

1) Es ist dies ganz eigenartig, aber doch nicht ausschliesslich der Druck-Steigerung eigenthümlich. („Charakteristisch, aber nicht pathognomonisch.“) — Auch bei gewissen Entzündungen der Hornhaut oder auch der Regenbogenhaut kommen ähnliche Unregelmässigkeiten der Hornhaut-Vorderfläche vor, so dass ihr Flammen-Bild nicht lupen-rein erscheint. Aber bei gewöhnlichem Bindehaut-Schleimfluss erscheint das Flammen-Bild verschwommen und gefranst, wenn man auf die an der Vorderfläche der Hornhaut belegenen Schleim-Bläschen einstellt!

2) Natürlich auch in denen des Pupillen-Gebietes, bei Verschiebung der getrübten Linse, bei Auflösung alter geschrumpfter Linsen-Trübungen nach der Kapselspaltung, gelegentlich auch in einfachen Alter-Staren, die längere Zeit bestehen. In einem längeren, mehr stäbchenförmigen Crystall sieht man auch mehrere Farben neben einander.

Die Farben wechseln bei geändertem Lichteinfall. Vom blossen Auge kann man dies Farben-Spiel nicht gut wahrnehmen.

C. Drittens gehen wir über zur Durchleuchtung mit dem Augenspiegel. Dies ist ein fruchtbares Verfahren, da durchscheinende Gebilde bei durchfallendem Licht am besten erkannt werden.

Trübungen der Hornhaut erscheinen bei durchfallendem Licht dem etwa 10″ = 25 Ctm. entfernten Auge des Beobachters als schwärzliche oder grauliche Schatten auf dem rothen Pupillen-Felde. Die schwärzlichen Gebilde müssen bei Hebung der Blick-Achse des Untersuchten gleichfalls nach oben sich bewegen und eine stärkere Verschiebung gegen den Hornhaut-Reflex zeigen, der seinen Platz im Raume dabei nur um ein Geringes ändert: deshalb werden sie von Anfängern öfters als Glaskörper-Trübungen angesehen. Die Mitbenutzung der seitlichen Beleuchtung schützt von vorn herein gegen solche Irrthümer.

Bei feineren Trübungen ist es unerlässlich, hinter dem Beleuchtung-Spiegel ein starkes Lupen-Glas (von + 2, + 3, + 4 Zoll Brennweite, also von + 20,[1] + 13, + 10 *D*) anzubringen und ganz allmählich heran zu rücken: dann springen plötzlich die dunklen Punkte der Hornhaut scharf in's Gesichtsfeld, während der ferner gelegene Pupillen-Rand, auch Punkte des Pupillen-Gebiets oder der vorderen Linsen-Schichten, noch in Zerstreuungs-Bildern erscheinen. Immer ist es geboten, das untersuchende Auge vor- und zurück zu schieben, um Zerstreuungs-Kreise in scharfe, punktförmige Bilder umzuwandeln. Es ist nämlich keineswegs so ganz leicht,[2]) den Sitz feinster Pünktchen ganz richtig zu bestimmen, namentlich wenn solche sowohl in der Hornhaut wie auch in der Pupille, in der Krystall-Linse und im Glaskörper gleichzeitig vorhanden sind, wie z. B. bei der von mir sogenannten specifischen Pantophthalmie.

Sehr wichtig ist die Durchleuchtung, um Facetten,[3]) d. h. mehr oder minder durchscheinende Abschliffe der Hornhaut, welche

---

1) Uebersichtige Beobachter sollten, emmetropische können bis + 25 und + 30 *D* anwenden; + 40 *D* wird schon, wegen der Annäherung, unbequem, da man nicht gut beleuchten kann, — es sei denn, dass man einen elektrischen Augenspiegel anwendet.

2) H. Friedenwald (a. a. O.) meint, dass Burchardt Hornhaut-Punkte irriger Weise in die Pupillen-Ebene versetzt habe; — aber mit Unrecht.

3) Facette, petite face (Dict. de l'Académie française, VII., 1884, S. 709), also eine kleine Fläche, z. B. an einem geschliffenen Demant. — Hornhaut-Facette ist die nach einem Geschwür zurückgebliebene Abflachung. Sie war schon den Alten bekannt. (Cels. VI, 6, 25: cicatrix cava corneae. Aët. VII, λϑ: αἱ κοιλότεραι οὐλαί. Vgl. m. Wörterbuch d. Augenheilk., S. 32; Gesch. d. Augenheilk. i. Alterth., S. 261; Aët. S. 90, Z. 15.)

nach Geschwüren zeitweise oder für immer zurückbleiben, mit Sicherheit nachzuweisen. Man erkennt, auf dem rothen Beleuchtungs-Feld der (künstlich erweiterten) Pupille eine rundliche, röthliche Stelle, die von einem mehr oder minder vollständigen Schatten-Ring umgeben ist. (Vgl. Fig. 33, a.) Wird nunmehr der Beleuchtung-Spiegel um seinen senkrechten Stiel gedreht, also die Richtung des Licht-Einfalls geändert; so erscheint die vorher dunkle Stelle jetzt hell, und die vorher helle Partie jetzt dunkel. (Fig. 33, b.) Die Ursache dieses Lichtwechsels ist leicht zu verstehen. Das von der Netzhaut zurück kehrende Licht kann da, wo es nahezu senkrecht einfällt, den Abschliff durchdringen;[1] das auf die Stelle der plötzlichen Krümmungs-Aenderung schief einfallende Licht wird hauptsächlich nach der Seite zurückgeworfen, ohne in das Auge des Beobachters ein zu dringen.

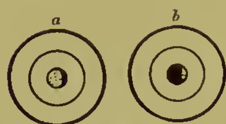


Fig. 33.

Bemerkenswerth ist auch die starke Uebersichtigkeit, welche durch dauernde Abflachung der Hornhaut-Mitte bewirkt werden kann, — übrigens auch ohne vorausgegangene Geschwürs-Bildung, als Folge der diffusen Hornhaut-Entzündung. Wer dies nicht übersieht, kann gelegentlich ein halb-blindes Auge durch das passende Glas zu einem ganz brauchbaren umgestalten.

Beispiele. 1) Ein 38j., der als Kind Hornhaut-Entzündung durchgemacht, zeigt vor der Pupille des linken Auges einen Hornhaut-Abschliff, auf dem das Spiegelbild einer Lichtflamme fast noch einmal so gross erscheint, als an den seitlichen Theilen der Hornhaut. Mit + 4″ (= 10 *D*) erhält man ein leidliches aufrechtes Netzhaut-Bild; mit demselben Glas erkennt das Auge Sn. LXX in 15 Fuss, während es ohne Glas nur Finger auf wenige Fuss zählt.

2) Ein 22j., der von mir vor 4 Jahren wegen abgelaufener diffuser Hornhaut-Entzündung des linken und frischer des rechten [mit Hg] behandelt worden, zeigt auf seinem rechten, besseren Auge mit dem Augenspiegel wie mit der Gläser-Probe H von 7 bis 8 *D*. ($S = \frac{1}{2}$); und mit dem Ophthalmometer einen horizontalen Krümmungs-Halbmesser r in der Hornhaut-Mitte von 9,36 Mm., sowie 3,5 D. Ast. r., + 15°. (Zu erwarten wäre etwa $H =$ 9,6 *D*. Vgl. Th. I, S. 127, letzte Zeile. Doch sind Messungen wie Berechnungen nur angenähert.)

3) Ein 25j., der früher gut und ohne Brillen gesehen, wurde vor 2½ Jahren als Soldat von langwieriger Entzündung erst des linken, dann des rechten Auges befallen und auch 6 Monate lang in einer Augenklinik behandelt und kommt mit deutlichen Resten des malignen Ablaufs der diffusen

1) Vgl. S. 20, Anm. 1. — Vgl. ferner Mauthner, Ophthalm. S. 159.

Hornhaut-Entzündung auf beiden Augen. Das rechte, bessere Auge hat ohne Glas nur $S = \frac{4}{65}$, die aber durch + 8 D bis auf $\frac{5}{20}$ gehoben wird.

Die Ophthalmometrie ergiebt ungefähr $r = 9{,}6$ Mm. (Danach wäre etwa $H = 10\ D$ zu erwarten.)

4) Eine 20 j., die angeblich seit dem 17. Jahre an wiederkehrender Augen-Entzündung wiederholt gelitten, zeigt rechts (mit + 1 D) $S = \frac{5}{20}$, links nur $\frac{5}{200}$. Mit dem linken konnte sie niemals lesen.

Das Flammen-Bild erscheint auf der Mitte der linken Hornhaut erheblich verbreitert. Das aufrechte Netzhaut-Bild, allerdings verzerrt, wird mit + 11 D gewonnen. Durch + 14 D wird S von $\frac{5}{200}$ auf $\frac{5}{15}$ gehoben. Die Linse ist normal. Ophthalmometrie: beiderseits 6 D. Ast. inv.; $r = 6$ Mm. rechts; $= 10{,}0$ Mm. links, statt 7,7 Mm. in der Norm. Also ist links $\Delta r = + 2{,}3$ Mm. Eine annähernde Berechnung würde ergeben $H = 23 \times 0{,}6 = 15{,}8\ D$. Es bestehen Hornhaut-Gefässe und Aderhaut-Herde. —

Die Ophthalmometrie lehrt uns, dass nach der diffusen Hornhaut-Entzündung nicht so selten Abflachung des Mittel-Felds der Hornhaut zurückbleibt.

Bei kegelförmiger[a)] Hornhaut erblickt man in dem roth durchleuchteten Pupillen-Feld einen ringförmigen Schatten,[1]) der besonders auf der einen Seite dunkler erscheint und ferner bei Bewegungen des Spiegels seine Lage ändert. Durch die mittleren, stark gekrümmten Theile der Hornhaut treten stark convergirende Strahlen-Bündel aus; durch die mehr peripheren aber divergente: dazwischen liegt ein Ring der Hornhaut, aus dem nur wenige von den austretenden Strahlen in die Pupille des Beobachters gelangen.[2])

a) Kerato-conus.

Hornhaut-Trübungen

vor dem Pupillen-Feld verschleiern das Bild des Augengrundes. Es gab Forscher, welche immer Netzhaut-Entzündung annahmen, wenn ihnen das Augengrund-Bild verwaschen erschien. Recht häufig handelte es sich aber, namentlich bei specifischer Erkrankung, um feine Trübungen der durchsichtigen Theile, sei es des Glaskörpers, sei es der Hornhaut, sei es beider.

---

1) Bowman, Ophth. Hosp. R. No. 9, Oct. 1859, S. 157: „On turning the concave mirror so as to throw light at different angles, the side of the cone opposite to the light is darkened.“ Diese gewöhnlich (und auch in Jackson's Skiascopy, II, 1896, S. 7) falsch datirte Stelle ist der Beginn der Schatten-Probe. Bei der Erörterung der letzteren werden wir noch einmal auf die Diagnose der kegel- wie der kugel-förmigen Hornhaut zurückkommen.

2) Dimmer, II., S. 116.

Das aufrechte Bild der Netzhaut ist dann freilich nicht ganz so scharf, wie bei vollkommener Durchsichtigkeit der licht-brechenden Theile des Auges; aber man erkennt doch, dass die gemeinhin angenommene diffuse Netzhaut-Trübung nicht besteht: das aufrechte Bild enthüllt uns ferner, wenn wir unser Auge allmählich annähern und starke Sammel-Gläser hinter dem Spiegel anbringen, die Art und den Sitz der störenden Trübungen.

Gröbere Flecke der Hornhaut, wie sie als schattende Kreise, Bügel oder Dreiecke, z. B. nach den sogenannten scrophulösen Entzündungen, zurückbleiben, stören empfindlich die Klarheit des aufrechten Netzhaut-Bildes: wir gewinnen so einen sinnlichen Eindruck von der erheblichen Störung, welche diese Augen beim Fernsehen erfahren.

Bei dem gröberen Verfahren des umgekehrten Bildes werden diese Flecke mehr verdeckt und unter Umständen vom Anfänger ganz übersehen; durch leichte Verschiebung des dem kranken Auge vorgehaltenen Sammel-Glases erhält man allerdings einen sinnlichen Eindruck von ihrer Anwesenheit und Wirkung: das umgekehrte Bild der Netzhaut schwankt dann, wie wenn die letztere von einer leicht gekräuselten und bewegten Wasser-Schicht bedeckt wäre.[1]) Die Ursache der Erscheinung ist klar. Die verschiedenen Theile der vor dem Seh-Loch belegenen Hornhaut haben eine merklich verschiedene dioptrische Wirkung.

Gefässe der Hornhaut

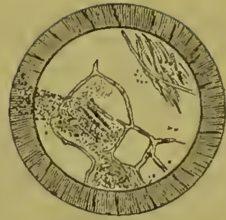
bilden einen sehr bemerkenswerthen und wichtigen Gegenstand unsrer Beobachtung.

Beiläufig will ich der mit klarer Flüssigkeit gefüllten Lymph-Gefässe[2]) oder Spalten gedenken, welche namentlich im Beginn der Regenbogenhaut-Entzündung (neben dunklen Punkten) in der Hornhaut auftreten: es sind rosenkranz-ähnliche oder walzen-förmige, breitere Stränge, welche Netze, Schlingen und leiter-artige Figuren bilden; bei Drehung des (mit starkem Sammel-Glas) versehenen Spiegels erscheinen sie bald hell und durchleuchtbar, bald undurchsichtig durch totale Reflexion oder durch seitliche Zurückwerfung des Lichts. (Vgl. Fig. 34.)

---

1) In der gelehrten Sprache heisst das „objective Metamorphopsie", im Gegensatz zu der subjectiven, über welche z. B. der Kranke klagt, dessen licht-auf-fangender Netzhaut-Schirm durch Ablösung in's Schwanken gerathen ist. *Μεταμόρφωσις* heisst Veränderung, *ὄψις* das Sehen.

2) Sie sind kürzlich neu entdeckt worden. Ich hatte sie bereits 1888 in meiner Ophthalmoscopie (Eulenburg's Real-Encycl.) und in der Deutschen med. W. (No. 25 u. 26) genau beschrieben und abgebildet.

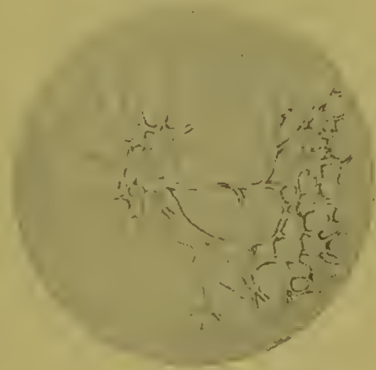

Fig. 34.

Ausser diesen rascher vorüber gehenden giebt es auch ständige Lymph-Spalten und Gefässe in der Hornhaut.

Fig. 35 stellt die linke Hornhaut einer 15-jährigen dar, die ich 6 Jahre zuvor an beiderseitiger (diffuser), durch angeborene Lues bedingter Hornhaut-Entzündung behandelt hatte.

Das rechte Auge sieht am 25. Febr. 1888 wieder Sn. 2 in 6″, das linke Sn. 16 in 8″; G. F. gut. Bei der Betrachtung mit blossem Auge erkennt man links leichte Hornhaut-Trübung. Mit der Lupe hinter dem Spiegel sieht man: 1) feine, strahlenartig angeordnete, besenartig verästelte Blutgefässe; 2) einzelne, weniger feine, die auch anastomosiren; 3) senkrecht gegen die Richtung der radiären Gefässe verlaufende „Lymph-Spalten“ (breiter und weniger scharf begrenzt); 4) einen eigenthümlich gradlinig verlaufenden und verästelten Streifen, der wohl eine stark brechende Flüssigkeit, aber nicht Blut enthält, da er bei Drehung des Spiegel-Stiels (Wechsel des Einfall-Winkels) bald dunkel, bald hell erscheint, ebenfalls eine Lymph-Spalte. Bis heute habe ich in diesem


Fig. 35.


Fig. 36.

Fall den gleichbleibenden Zustand beobachtet.

Fig. 36 zeigt ein noch weit reicheres Lymph-Gefässnetz aus der Hornhaut des rechten Auges einer 36j. Frau. 18 Jahre zuvor war sie 1 Jahr lang auf beiden Augen fast blind gewesen (durch die von angeborener Lues bedingte Hornhaut-Entzündung); seit einigen Monaten sieht sie auf dem rechten Auge schlechter. Sie zeigt noch deutlich die von Hutchinson beschriebene Zahn-Verbildung und ist schwerhörig. Das rechte Auge liest Sn V, das linke Sn XII in 4″; G. F. gut. Starke Aderhaut-Veränderungen in der Peripherie. Die Untersuchung geschah bei künstlicher Erweiterung der Pupille, mit + 20 *D* hinter dem Augenspiegel.

Wichtiger als die Lymph- sind die neugebildeten Blut-Gefässe der Hornhaut. Sie gestatten recht häufig die sichersten Schlüsse auf die Natur der Grundkrankheit, so dass es sich empfiehlt, hier diesen Gegenstand gründlich und im Zusammenhang abzuhandeln.

Ueber die neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut und ihre diagnostische Bedeutung.[1]

Die so wunderbar durchsichtige Hornhaut des Auges, deren Untersuchung die wichtigsten Aufschlüsse für die allgemeine Krankheits-Lehre geliefert hat, wird gar nicht so selten, infolge entzündlicher Erkrankung, überdeckt und durchzogen von Blut-Gefässen, zum Staunen des aufmerksamen Beobachters. Naturgemäss erhebt sich die Frage, wie es überhaupt, sowohl unter normalen als auch unter krankhaften Verhältnissen, um die Blut-Gefässe der Hornhaut bestellt ist. Die Beantwortung dieser Frage hat eine dreifache Wurzel: erstlich die ärztliche Betrachtung lebender, erkrankter Menschen-Augen; zweitens die anatomische Untersuchung der herausgenommenen, hauptsächlich der künstlich eingespritzten Augen, sowohl des Menschen als auch, zum Vergleich, der andren Wirbelthiere, natürlich auch mit Berücksichtigung der embryischen[2] Verhältnisse; drittens die Untersuchung des durchsichtigen Lichtfensters mit Hilfe des Augenspiegels.

Die Reihenfolge, welche ich erwähnt habe, entspricht auch dem zeitlichen Auftreten in der Geschichte der Wissenschaft, — nur dass die einmal gewonnene Untersuchungs-Art auch für die späteren Abschnitte erhalten blieb, so dass zuletzt alle drei, während der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts, in gegenseitiger Ergänzung uns entgegentreten.

Also der erste Forscher, auch auf diesem Gebiet, war der Arzt. Allerdings finde ich bei den alten Griechen, wenigstens in den uns hinterlassenen Resten, keinen recht deutlichen Hinweis auf Blutgefässe der Hornhaut.[3]

Aber die Araber haben zum mindesten eine Art durchaus klar und unzweideutig geschildert, nämlich die im Gefolge der körnigen (ägyptischen) Augen-Entzündung über die Hornhaut-Vorderfläche verlaufenden Blutgefässe, die ja allerdings dem unbewaffneten Auge ganz bequem sichtbar werden. Ich will nur ein Beispiel anführen. Bei el-Razi[4] heisst es folgender-

---

1) Vgl. D. m. W. 1896, Nr. 38 fgde.

2) Vgl. mein Wörterbuch der Augenheilkunde 1887, S. 27.

3) Der so ausführliche Aëtios aus Amida (540 nach Chr., Ed. Venet. 1534, VII, λγ̄, meine Ausgabe S. 72,) spricht allerdings (nach Demosthenes) von kleinen Blutgefässen der Hornhaut, bei hartnäckigen, gelegentlich wieder aufbrechenden Geschwüren der letzteren.

4) Abu-Bekr Muhammed Ben Zakerija el-Razi († 923 n. Chr.). Vgl. Rases ad Almansorem. Tract. non., c. XIX (Ed. B. Locatell. Bergom. 1497, S. 43): Cum palpebra inversatur et interius appareat rubea et aspera,

maassen: „Wenn auf dem Weissen des Auges und besonders auf dem Schwarzen eine Art von Haut erscheint, die aus rothen und dicken Venen zusammengewebt ist, so besteht das Leiden Sebel, d. h. das Fell, pannus."

Der arabische Krankheits-Begriff und -Namen findet sich noch eine Reihe von Jahrhunderten hindurch in europäischen Schriften, nicht nur bei den Arabisten des Mittelalters, wie Guy von Chauliac[1] (1363), sondern auch noch im Beginn der Neuzeit, z. B. bei Pierre Franco[2] (1561) und bei unsrem Georg Bartisch[3] (1583).

Kein Wunder, dass in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts, als nach den Kriegen von Bonaparte die Aufmerksamkeit der Aerzte wieder auf die ägyptische oder militärische Augen-Entzündung hingelenkt worden, auch die pannösen Blutgefässe der Hornhaut wieder aus der Vergessenheit auftauchten und genauer betrachtet wurden.

Joseph Beer in Wien hat in seinem klassischen Lehrbuch (1813 bis 1817) treffliche farbige Abbildungen des dichten Pannus geliefert (II. B., IV. Tafel, 3. Fig.) und dabei angemerkt (II. B., S. XVII), dass, wer eine solche Hornhaut bei guter Beleuchtung mit einer scharfen Lupe betrachte, eine der gelungensten mikroskopischen Injectionen zu erblicken glaube. Auch von der mit Blutgefäss-Bildung verbundenen scrophulösen Hornhaut-Entzündung hat Beer (I. B., Taf. III, Fig. 2 und 3) ganz ausgezeichnete Abbildungen in natürlicher Grösse geliefert.

Vorzügliche, in künstlerischer Hinsicht unübertroffene Abbildungen solcher gefässhaltiger Hornhaut-Entzündungen (Kératite vasculaire) enthält Sichel's berühmte Iconographie ophthalmologique (1852—1857), die gewissermaassen den Mark-Stein darstellt zwischen der älteren Zeit und der neueren des Augenspiegels. Besondere Beachtung verdienen Taf. VII und IX; in der Fig. 6 der Taf. VII finde ich[4] die umschriebenen rothen Flecke der Hornhaut, die im Gefolge der syphilitischen Entzündung auftreten und in der neueren englischen Literatur als lachs-farbene Flecke (Salmon-coloured patches oder Salmon-patches von Hutchinson) beschrieben und von Berry[5]) abgebildet worden sind.

---

scabies adest. Et cum super albo oculorum ac super nigredine videtur similitudo panniculi ex venis rubeis et crossis texti, adest passio quae vocatur Sebel. [Sebel dürfte eigentlich Vorhang bedeuten.]

1) Ausgabe von Nicaise (Paris 1890), S. 477: Sebel, selon Avicenne, est un pannicule, qui advient à l'oeil, de l'enfleure de ses veines apparentes en la superficie de la conjonctive et cornée.

2) Ausgabe von Nicaise (Paris 1895), S. 180: Zebel est un pannicule rouge (Guidon), produit de l'abondance de sang aux veines dudit pannicule lesquels, prenant son origine en la superficie de la conjonctive, s'étendent jusque sur la cornée.

3) VIII, 5 (S. 239 der Sultzbacher Ausgabe von 1668): Die Blut- und Fleisch-Felle der Augen werden im Latein (!) genennet Sebel oder Panniculus ,carnosus.

4) Der Verfasser nennt sie scrophulös. Das war die Regel bis auf Hutchinson.

5) Diseases of the Eye, Edinburgh 1889, Fig. 22, S. 82.

Somit habe ich nunmehr die wichtigsten Fälle von Blutgefäss-Bildung, welche der Arzt in der erkrankten Hornhaut vom blossen Auge zu sehen im Stande ist, in zeitlicher Reihen-Folge und mit Angabe der hauptsächlichsten Forscher, zusammengestellt; und wende mich sofort zu der anatomischen Untersuchung.

Brauchbare Ergebnisse konnten von dieser erst geliefert werden seit der Einspritzung der feinen Blutgefässe mit flüssigen, nachträglich erstarrenden Massen, wie sie wohl zuerst Friedrich Ruysch in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts zu einer besondren Kunst ausgebildet hat.

Man sah nun, an sonst gut und scheinbar vollkommen eingespritzten Augen, die bis in den Rand der durchsichtigen Hornhaut hineinragenden Blutgefässe der Augapfel-Bindehaut wie abgeschnitten endigen: da sonst nirgends im Körper eine derartige Endigung vorkommt, so gab man der Vermuthung[1]) Raum, dass diese Blutgefässe durch die gesammte Ausdehnung der Hornhaut hindurch in sogenannte seröse Gefässe sich fortsetzen, die wegen ihrer Feinheit nur der Blut-Flüssigkeit, nicht aber zugleich den Blut-Körperchen Eintritt verstatten, während bei entzündlicher Erweiterung auch Blut-Körperchen eindringen könnten.[2])

Diese serösen Blutgefässe der Hornhaut wurden nicht nur im 18. Jahrhundert[3]) von den ausgezeichnetsten Forschern Boerhaave, Haller, Ho-

---

1) So schliesst noch Hyrtl. Vgl. S. 123 der VI. Aufl. von Hyrtl's Anatomie, die ich als Student benutzt habe. — In der That handelt es sich hierbei um unvollständige Einspritzung, welche die schlingenförmigen Umbiegungen im Randsaum der Hornhaut frei liess. Henle hatte schon 1833 in seiner Dissertation angemerkt, dass die Einspritzungs-Masse leichter in die Gefässe der Augapfel-Bindehaut eindringt, die locker mit dem Augapfel verbunden ist, als in den straffen Bindehaut-Saum, der dem Randstreifen der Hornhaut fest aufgewachsen ist.

2) Hier ist neben dem Beobachtungsfehler noch ein Denkfehler mit untergelaufen. Man hat in irriger Weise seröse Gefässe der Bindehaut angenommen und durch diese unbewiesene Annahme die weitere von serösen Gefässen der Hornhaut zu stützen gesucht. „Wenn irgend wo, sieht man am Bindehaut-Saum, dass es Vasa serosa geben muss. Kaum hat ein fremder Körper die Hornhaut verletzt, so sieht man schon eine Unzahl der feinsten Aederchen rings um die Hornhaut von Blut strotzen, von denen man wenige Minuten vorher keine Spur bemerkte.“ (Arlt, Handbuch der Augenkrankheiten 1853, S. 5.) Wir wissen, dass die Bindehaut-Gefässe vorher vorhanden und nur durch Erweiterung erst sichtbar geworden. Niemals aber sind in der gesunden Hornhaut ganz plötzlich durch eine derartige Reizung sichtbare Blutgefässe hervorgetreten.

3) Aber auch schon damals wurde von Einzelnen das richtige klar ausgesprochen. Vgl. J. G. Zinn descript. anatom. oc. humani, ed. ab H. A. Wrisberg, Götting. 1790, X, V, S. 203: Sed alia, quae ipse non vidi, consulto omisi, ut vascula corneae aliis dicta, quae nunquam neque ope injectionis ceraceae, neque in foetu sponte manifesta . . . observare potui. In animalibus quidem majoribus, ut bove et vervece, vascula adsunt ex arteriolis ciliaribus anterioribus orta, quae longe originem corneae accurate legunt. sed neque ibi vascula corneae substantiam adeuntia reperire potui.

vius, Soemmering,[1] sondern sogar noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts hinein, z. B. von Pappenheim, dem ersten Verfasser einer Gewebe-Lehre des Auges, und von Coccius,[2] einem der ersten Forscher mit dem Augenspiegel, angenommen und vertheidigt. Eine gewichtige Stütze erhielt diese Lehre durch das berühmte Injections-Präparat von Römer in Wien (1835), welches die angeblich normale Hornhaut eines zweimonatlichen Kindes durch und durch von baumförmig verästelten Blutgefässen durchsetzt zeigt.[3] Sogar der Altmeister Hyrtl hat diese serösen Gefässe zuerst noch angenommen,[4] später allerdings entschieden bestritten. Dieser Forscher injieirte 1869[5] den Kopf eines acht-tägigen, an Lungen-Entzündung verstorbenen Kindes und fand an beiden anscheinend gesunden Augen ein der oberflächlichsten Hornhaut-Schicht angehörendes, präcorneales Gefäss-Netz, das von allen Seiten her bis in den Mittelpunkt der Hornhaut vordringt; und spricht die Ueberzeugung aus, dass es sich hier um „Persistenz der embryonalen Hornhaut-Gefässe“ handle.[6]

Denn, wenn auch die entwickelte normale Hornhaut des Menschen keine Blutgefässe besitzen sollte, ausser den Randschlingen, — nachdem inzwischen Brücke (1847) und besonders Gerlach (1848) nachgewiesen und zur allgemeinen Annahme erhoben hatten, dass die vorderen Bindehaut-Gefässe des Augapfels auf dem Rand-Theil der Hornhaut in wirklichen Haargefäss-Schlingen endigen; so wurde doch damals (und wird noch bis heute) der fötalen Hornhaut ein vollständiger, bis zum Mittelpunkt reichender, oberflächlicher Blutgefäss-Ueberzug zugeschrieben, und zwar auf die Autorität von Joh. Müller und J. Henle hin, die, wie ich wenigstens finde, das gar nicht behauptet, was man ihnen zugeschrieben, sondern nur ein etwas verbreitertes Randschlingen-Netz in der fötalen Hornhaut des Schafes und des Menschen gefunden, beschrieben und abgebildet haben.[7]

Die Hyrtl'sche Anschauung wird noch bis zum heutigen Tage in den vorzüglichsten Lehrbüchern wiedergegeben und angenommen.

---

1) Derselbe gab später seine Ansicht wieder auf.

2) Ueber die Ernährungsweise der Hornhaut und die Serum führenden Gefässe im menschlichen Körper. Leipzig 1852. — Auch Kölliker hat noch in der IV. Auflage seiner Gewebe-Lehre (1863, S. 601), die ich als Student benutzte, etwas „den Vasa serosa entsprechendes“ in der Hornhaut gefunden.

3) v. Ammon's Zeitschrift für Ophthalmologie, V, 1835. Beschrieben und abgebildet bei Hyrtl, Sitzungsbericht der Wiener Akad. LX, IV, 1870.

4) Lehrbuch der Anatomie, IV. Auflage, 1859, S. 123.

5) Sitzungsbericht der Akademie der Wissenschaften. Wien 1870, LX, IV, S. 770. Vgl. auch die topographische Anatomie von Hyrtl, VI. Aufl., 1871, I, 243.

6) „Die Hornhaut des menschlichen Embryon führe Blutgefässe; wenn der „„Integumental-Ueberzug““ des embryonischen Auges sich zurückbilde, könne das Blutgefäss-Netz auf der Hornhaut abnormer Weise sich erhalten.“

7) De membrana pupillari aliisque oculi membranis pellucentibus. Comment. anat. auct. F. G. Jacob Henle, M. Dr., Bonn 1830, 4°, S. 44: Observabam nimirum in foetibus ovillis nec non in foetu humano venas conjunctivae bulbi, sanguine adhuc tinctas, continuas super orbiculum, ubi cornea sclerae jungitur, in illam transgredi et satis longe ad diametris corneae sex-

Nach Waldeyer's[1] klassischer Darstellung der mikroskopischen Anatomie des Auges „ziehen während des fötalen Lebens bis fast zur Geburt von den Arteriae ciliares anteriores Capillar-Gefässe dicht unter dem epithelialen Ueberzug der Cornea in deren ganzer Ausdehnung hin und bilden das sogenannte „„präcorneale““ Gefässnetz, welches man bei Thieren auch noch einige Zeit nach der Geburt antrifft. Diese Gefässe obliteriren bald nachher und bilden sich ganz und gar bis auf die äussersten Rand-Partien der Hornhaut zurück. Hier erhalten sie sich auch im späteren Leben als ein Theil des sogenannten Randschlingen-Netzes der Cornea.“

Ganz ebenso äussert sich Gegenbauer[2] in der neuesten Auflage seines vortrefflichen Lehrbuches (1896) und wenigstens ähnlich auch Henle in seinem unvergleichlichen Werk über Anatomie.[3]

Nur Schwalbe[4] äussert Bedenken.

„Die Frage, ob beim menschlichen Fötus ein die ganze Hornhaut-Oberfläche einnehmendes „„präcorneales““ Gefässnetz existiert, ist nicht sicher entschieden . . . Ein über das ganze Feld der Hornhaut ausgedehntes Netz soll nach Ricchiardi beim Schaf[5] existiren. Alle diese An-

---

tam ad quartam partem procedere . . . In oculo (foetus ovilli), cujus arteriae zinnabare repleta erant, primus cl. Müller conjunctivae vasa in corneam continuari animadvertit; quod ipse postea saepissime observabam. Die Abbildungen beider Fälle zeigen nur ein etwas vorgeschobenes Randschlingen-Netz, von dem ausdrücklich hervorgehoben wird, dass es oberflächlich liegt und eine einfache Schicht bildet.

1) Anatomie des Auges, im Handbuch von Graefe-Saemisch, I, 204 (1874), und ebenso französisch im Handbuch von Wecker-Landolt, II, 44 (1886).

2) Anatomie, VI. Aufl., 1896, S. 565. „Blutgefässe der Hornhaut kommen nur deren Bindehaut zu, in welcher sie beim Foetus ein Netz bilden. Allmählich löst sich das Netz von der Mitte aus und seine Maschen ziehen sich als Gefäss-Schlingen gegen den Rand der Hornhaut zurück, in dessen Umkreis sie mit den Gefässen der angrenzenden Bindehaut in Verbindung bestehen bleiben.“

3) Doch giebt er nicht an, wie weit die Blutgefässe über die Vorderfläche der Hornhaut gegen den Mittelpunkt zu vordringen. Vgl. Anatomie II. Aufl., 1873, II. B., S. 663: „Die Blutgefässe, welche sich beim Embryo von der Conjunctiva aus über die Vorderfläche der Cornea verbreiten, sind zur Zeit der Geburt obliterirt, so dass die Capillaren der Conjunctiva am Hornhaut-Rande, den sie in einer Breite von höchstens 2 Mm. bedecken, schlingenförmig umbiegen.“

4) In seiner vorzüglichen Anatomie der Sinnesorgane (1885, S. 163).

5) Dass das Lamm keine Hornhaut-Gefässe besitzt ausser den Randschlingen, zu diesem Nachweis bedarf es keiner Einspritzung des todten Thieres. Ich nahm das lebende Lämmchen, erweiterte die Pupille durch Atropin-Einträuflung und konnte, ohne dem Thier den geringsten Schmerz zu verursachen, mit der Lupe hinter dem Augenspiegel ganz sicher feststellen, dass die eigentliche Hornhaut vollkommen frei ist von Blutgefässen.

gaben über ein vollständiges präcorneales Netz bedürfen sehr erneuter Prüfung.“ [1]

Auf diesem Gebiet hat erst Prof. Schöbl in Prag, einer der ersten Meister der Einspritzungs-Kunst, sichere Grundlagen geschaffen durch eine Arbeit, die er November 1886 im Centralblatt für praktische Augenheilkunde veröffentlicht hat, die aber in den neuesten Lehrbüchern der Anatomie, z. B. dem von Gegenbauer (1896), die gebührende Beachtung noch nicht gefunden hat.

Schöbl erklärte das berühmte Römer'sche Präparat für pathologisch, und zwar für Keratitis profunda; er erklärte das schöne Hyrtl-sche Präparat gleichfalls für pathologisch, und zwar für Keratitis superficialis vasculosa.

So regelmässig in beiden Fällen die Gefäss-Bildung in der Hornhaut erschien, so sehr sie geeignet war, den Eindruck eines angeborenen Zustandes, selbst bei den ausgezeichnetsten Anatomen, hervorzurufen, — die klinische Beobachtung am lebenden Auge hat uns so häufig Gelegenheit gegeben, das Entstehen, die Neubildung ebenso regelmässiger Blutgefässe durch Krankheit in der von Geburt gefässlosen Hornhaut unmittelbar und Schritt für Schritt zu beobachten, dass ein Zweifel an dem pathologischen Zustand beider Präparate nicht mehr zulässig erscheint. Dazu kommt noch eine zweite klinische Thatsache. Während wir „persistirende“ Reste der fötalen Pupillen-Haut in sonst gesunden Augen von Menschen, die zur Brillenwahl oder wegen leichter Beschwerden zu uns gekommen, in vielen Hunderten von Fällen mit der Lupe feststellen konnten, ist es mir wenigstens noch niemals geglückt, in der Hornhaut eines sonst gesunden Auges Blutgefässe als persistirenden Rest eines fötalen Netzes nachzuweisen.

Schöbl kam nun auf Grund seiner zahlreichen Einspritzungs-Präparate zu folgenden Sätzen:

1. Ein präcorneales Gefässnetz, wie es bis heute allgemein für das fötale Auge des Menschen und der Säugethiere angenommen wird, existirt nicht.

2. Ausser dem oberflächlichen bekannten Randschlingen-Netz existirt bei Menschen und Thieren, bald mehr, bald weniger entwickelt, ein zweites System tiefer Randgefäss-Schlingen. [2]

3. Die pathologischen Blutgefässe bei oberflächlichen (conjunctivalen) Hornhaut-Entzündungen entspringen aus dem oberflächlichen Randschlingen-Netz, welches mit den conjunctivalen und episcleralen Blutgefässen in Verbindung steht; die pathologischen Blutgefässe bei tiefen (scleralen) Hornhaut-Entzündungen hingegen entstehen von den tiefen Randgefäss-Schlingen, welche mit scleralen Blutgefässen zusammenhängen. [3]

---

1) Aehnlich Kölliker (Entwicklungsgeschichte, II. Aufl., 1879, S. 673): „In Bezug auf die Gefässe der fötalen Hornhaut fehlen ausgedehntere Untersuchungen.“

2) Gerlach hat dieselben auch schon gesehen.

3) Diese Unterscheidung der krankhaft neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut ist schon von Coccius (Ernährung der Hornhaut u. s. w. 1852,

4. Die oberflächlichen neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut verästeln sich baum-förmig; die tiefen hingegen besenreiser-förmig, die Arterie stets von der entsprechenden Vene begleitet.

Ich komme nun zu der dritten Untersuchungs-Art, der mit dem Augenspiegel.

Schöbl hatte bereits die Entwicklung der neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut mit der Lupe am Lebenden verfolgt.[1] Ich selber hatte schon seit Jahren die neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut mit der Lupe studirt, und zwar nicht nur bei dem auffallenden Licht der seitlichen Beleuchtung, sondern auch, was in den meisten Fällen weit lehrreicher und ergiebiger ist, bei durchfallendem Licht, d. h. mit dem Lupen-Glas hinter dem Augenspiegel; und hatte in demselben November-Heft (1886) des Centralblatts für Augenheilkunde, in welchem Schöbl's Arbeit erschien, die besenreiser-ähnliche Vertheilung der tiefen neugebildeten Gefässe nach klinischer Beobachtung eines Falles von sogenannter diffuser Hornhaut-Entzündung abgebildet (Fig. 37, S. 110).

Wie die sternkundigen Araber einen Stern fünfter Grösse im Schwanz des grossen Bären, den sie als Prüfer[2] bezeichneten, zur Prüfung der Sehkraft benutzten; so hatte ich,[3] auf meinem kleinen Gebiet, seit langer Zeit die neugebildeten Blutgefässe benutzt, welche nach der diffusen Hornhaut-Entzündung zurückbleiben.

In einzelnen Fällen sind sie vom blossen Auge sichtbar, — besonders für denjenigen Beobachter, welcher durch Uebung seinen Blick schon geschärft hat, — meistens ist aber Vergrösserung des Bildes nothwendig.

Ich benutze, bei auffallendem Licht, also bei seitlicher Beleuchtung, die kleine Hartnack'sche Lupe, die von Farben-Zerstreuung und Strahlen-Abirrung (Bild-Verzerrung) ganz frei ist und eine genügende, etwa zehnfache Vergrösserung gestattet. Aber weit mehr ist bei durchfallendem Licht zu sehen. Das Auge bietet uns den Vortheil der Durchsichtigkeit. Wir haben nur hinter

---

S. 67) durchgeführt, und übrigens schon von Wardrop und Henle angedeutet.

1) Uebrigens auch schon J. Beer im Anfang des vorigen Jahrhunderts, wie ich bereits oben erwähnt habe; und A. Weber in Darmstadt um die Mitte desselben Jahrhunderts, wie ich aus seiner vollständigen Sammlung von Abbildungen ersehe, die er mir nach Veröffentlichung meiner Arbeit vom Jahre 1888 freundlichst zugesendet.

2) Humboldt, Kosmos III, 2, S. 43.

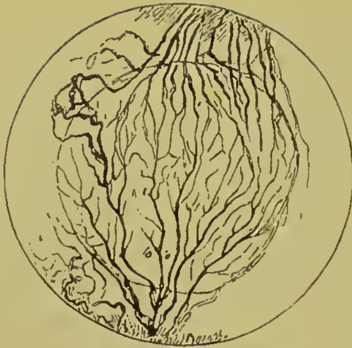
3) Deutsche med. Wochenschrift 1888, Nr. 25, und Eulenburg's Real-encyclopädie II. Aufl., Ophthalmoscopie, 1888.

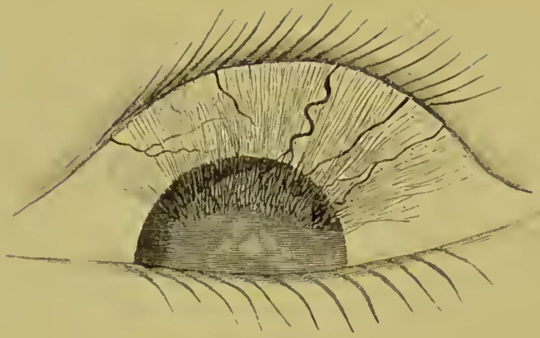
dem Augenspiegel ein starkes Sammel-Glas (von zwei oder drei Zoll Brennweite, also von 20 bezw. 13 Dioptrien, d. h. von vier-, bezw. dreifacher Vergrösserung) anzubringen und uns dem zu untersuchenden Auge, dessen Pupille vorher durch Atropin-Einträuflung erweitert worden, genügend anzunähern.[1] Solange die Hornhaut noch stark getrübt ist, bietet die seitliche Beleuchtung unter Lupen-Betrachtung die grössten Vortheile; je klarer die Hornhaut schon wieder geworden, desto mehr leistet die Durchleuchtung mit dem Lupen-Augenspiegel. In jedem Fall soll man, wenn irgend möglich, beide Verfahren anwenden.

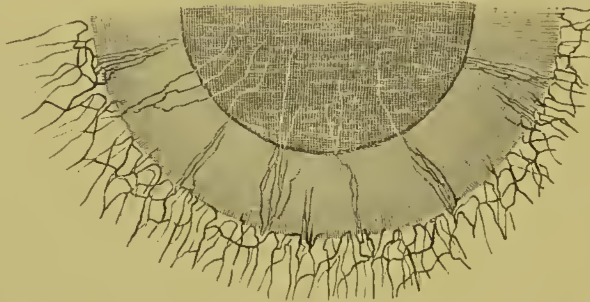
Die durch Lues bedingte diffuse Hornhaut-Entzündung verläuft immer mit Blutgefäss-Neubildung. Die neugebildeten Blutgefässe schwinden niemals wieder vollständig.

Bei der gewöhnlichen Betrachtung vom blossen Auge erkennt man allerdings nur in einem Theil der Fälle und hier nur zu gewissen, mittleren Zeiten des Verlaufes (nach dem Beginn und vor dem Ende) fast blutrothe Flecke, die bei genauer Betrachtung aus dichtgedrängten feinen Blutgefässen bestehen und entweder vereinzelt $^1/_3$—$^1/_4$ der Hornhaut-Ausdehnung, nahe dem Rande, segment-förmig einnehmen; oder zu zweien, etwa zweimal $^1/_8$ sectorenartig am oberen wie am unteren Rande; oder selbst vierfach auftreten und die grössere Hälfte der Hornhaut-Fläche einnehmen, allerdings die eigentliche Mitte frei lassen: und im Laufe einiger Wochen erblassen und schwinden. Fig. 38 (S. 110) giebt einen solchen Lachs-Fleck, mit der Lupe bei auffallendem Licht gezeichnet, als er eben anfing ab zu blassen, so dass man die dicht gedrängten, feinen, gegen die Hornhaut-Mitte zu schlingenförmig umbiegenden, tiefen Blutgefässe wahrnimmt, denen sich allerdings auch einzelne oberflächliche, aus der Bindehaut stammende, hinzugesellen. Wenn übrigens der Lachs-Fleck so, wie er in Fig. 38 dargestellt ist, das obere Segment einnimmt; so sind die schliesslich zurückbleibenden Blutgefässe in der scheinbar wieder durchsichtig gewordenen Hornhaut hauptsächlich von senkrechtem Verlauf; hingegen von wagerechtem, wenn der Lachs-Fleck ein seitliches Segment der Hornhaut eingenommen hatte. Diese beiden Verlaufs-Weisen kann man an den beiden Augen

1) Am besten ist es, erst auf die Ebene der Pupille einzustellen, danach langsam um etwa 3—4 Mm. wieder sich entfernen: dann springt plötzlich das klare Bild der in dunklen Linien erscheinenden Blutgefässe uns entgegen.


Fig. 37. (S. 108.)

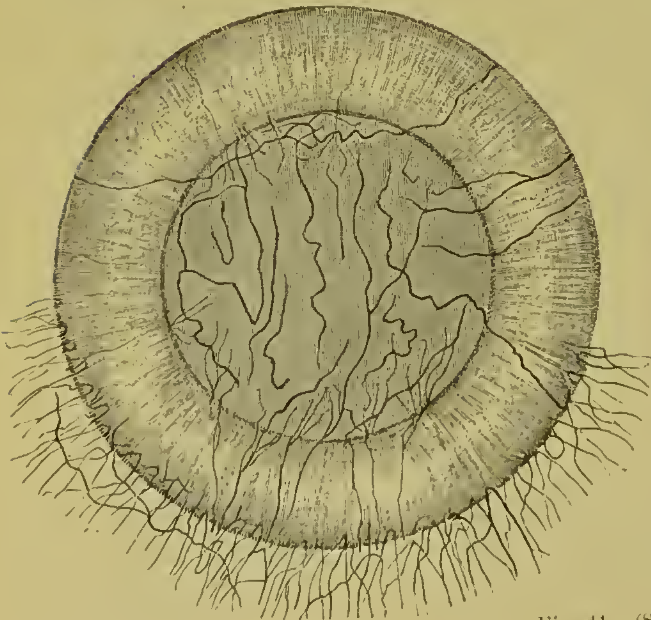

Fig. 38. (S. 109.)


Fig. 39. (S. 111.)


a


b

Fig. 40. (S. 112.)


a

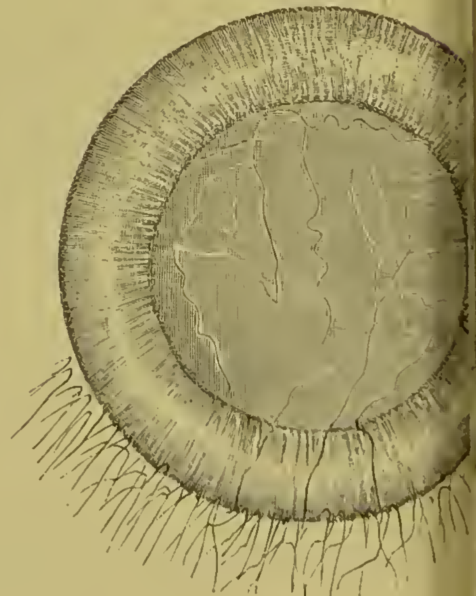

b

Fig. 41. (S. 113.)

desselbem Kranken beobachten, — Jahre lang, nachdem man die Lachs-Flecke der frischen Entzündung gezeichnet hatte.

Aber in der grösseren Mehrzahl aller Fälle von diffuser Hornhaut-Entzündung erkennt man vom blossen Auge sehr wenig oder fast gar nichts von Blutgefässen der Hornhaut. Deshalb hat ein so vortrefflicher Beobachter, wie Arlt,[1] die diffuse Hornhaut-Entzündung in zwei Unterabtheilungen zerlegt, eine mit Blutgefässen in der entzündeten Hornhaut und eine ohne Blutgefässe; und Saemisch[2] giebt an, dass die Gefäss-Entwicklung während des ganzen Verlaufes sehr unbedeutend sein kann, so dass nur hie und da ein kleines Gefässchen eine Strecke weit über den Rand der Cornea hinüberläuft.

Die Untersuchung mit der Lupe zeigt jedoch, dass die neugebildeten Blutgefässe in keinem Fall vermisst werden. Ja, die Blutgefäss-Sprossung leitet den Entzündungs-Process ein,[3] sie ist offenbar das bestimmende und kennzeichnende für diese auf Lues (meist auf angeborener) beruhende Spät-Entzündung.

Fig. 39 (S. 110) betrifft ein 18jähriges Mädchen,[4] dessen rechtes Auge am 4. Mai 1896 erkrankte; am 8. Mai noch R $S = {}^5/_{30}$, L $= {}^5/_6$. Am 18. Mai, rechts Finger in sechs Fuss, das linke fängt an zu erkranken. Das rechte Auge zeigt jetzt starke Röthung rings herum, diffuse Trübung der Hornhaut, die schon nahezu vollständig geworden und ausserordentlich feine, längliche Sprossen-Bildungen aus den tiefen Gefässen, unterhalb der stark entwickelten und strotzend gefüllten oberflächlichen Randbögen; hier und da auch schon weiter in das Pupillen-Feld der Hornhaut vordringende, tiefe besenförmige Gefäss-Büschel. (Bald folgte ein Lachs-Fleck am Schläfenrande des rechten und am oberen des linken Auges.)

Unsre Figur 39 stimmt auf das genaueste überein mit Schöbl's Beschreibung[5] zweier Injections-Präparate vom Beginn der diffusen Horn-

1) Klinische Darstellung der Krankheiten des Auges, 1881, S. 111. Er nennt allerdings die Hornhaut-Entzündung „lymphatisch“.

2) Graefe-Saemisch's Handbuch, IV, 2, S. 165. (I. Auflage.)

3) Es irrt der Forscher, welcher (A. f. O. LII, II, S. 265, 1896) erklärt, „dass jenes von Hirschberg angegebene Symptom, das schon deshalb einen beschränkten Werth hat, weil es sich erst nach Ablauf der Krankheit feststellen lässt, nicht in allen Fällen, die auf Syphilis beruhen, vorhanden ist“. — Die tiefen Gefässe lassen sich auch im Beginn nachweisen; weissliche Gefäss-Sprossungen unter Umständen schon am ersten Tage der Erkrankung. Dass es wirklich Blutgefässe sind, die auch in rothe, tiefe Aestchen übergehen, wird allerdings erst später klar. Zur Beobachtung eignet sich ein solcher Fall, wo das 2. Auge in der Anstalt von der reizlosen Form der diffusen Hornhaut-Entzündung befallen wird.

4) Nach ihrer Geburt erfolgte Abort, darnach kamen sechs Geschwister, die alle ganz jung gestorben. Sie selber erkrankte, neun Monate alt, an „ererbten Drüsen“.

5) Centralblatt für Augenheilkunde 1886, S. 330.

haut-Entzündung aus angeborener Lues; ich war in der Lage, durch Untersuchung dieser Präparate mich von der Uebereinstimmung zu überzeugen.

In Lehrbüchern[6] kann man lesen, die diffuse Hornhaut-Entzündung beginnt am Rande oder in der Mitte.

Dieser Satz ist nicht ganz richtig. Die diffuse Hornhaut-Entzündung beginnt stets an einem Theil des Randes. Es bildet sich meistens zuerst eine graue Leiste, in welche Randschlingen-Aeste vordringen. In einzelnen Fällen ist die Abhängigkeit der Trübung von den Veränderungen des Hornhaut-Randes nicht so offenkundig, aber bei sorgfältiger Untersuchung doch immer nachweisbar. Wenn die Trübung erst einen kleinen Theil der Hornhaut überzogen hat, welcher dem Rande benachbart ist, aber den eigentlichen Rand-Theil freizulassen scheint; so sieht man mit der Lupe deutlich die Verbindung des Flecks mit dem Rand durch die neugebildeten Gefässe, sowie zartere Trübung des Rand-Theils: ja es können schon von dem gegenüberliegenden Theil des Hornhaut-Randes feine Gefässe durch die durchsichtige Hornhaut bis zu dem Fleck vorgedrungen sein, und diese können zunächst überwiegen.

Fig. 40, a u. b, (S. 110) betrifft einen Knaben, der, von einem syphilitischen Vater erzeugt, im ersten Lebensjahr deutliche Erscheinungen der angeborenen Lues (Ausschläge, Nasen-Entzündung) dargeboten, von mir in seinem dritten Lebensjahr wegen Lähmung des linken Abducens entsprechend behandelt und im siebenten wegen des zurückbleibenden Einwärts-Schielens operirt worden; und der endlich im zehnten Lebensjahr von typischer diffuser Hornhaut-Entzündung desselben linken Auges heimgesucht wurde. Fig. 40a ist eine schematische Darstellung der Blutgefässe vom zwölften Tage der Erkrankung; Fig. 40b ist vier Wochen später aufgenommen, nachdem 4 × 6 Einreibungen gemacht wurden.

Ist die Krankheit erst vollständig entwickelt, das Auge lebhaft gereizt, die ganze Hornhaut überzogen von der Trübung, die milchig-graublau, nicht geschwürig, mitunter wolkig gefleckt oder auch von Punkten durchsetzt erscheint; dann sind die tiefen Blutgefässe einerseits wegen der Reizung des Auges, andrerseits wegen der deckenden Trübung des Hornhaut-Gewebes nicht immer so bequem nachzuweisen, obwohl ich sie so gut wie niemals vermisst habe. Aber auf dieser Stufe der Erkrankung ist die Diagnose auch vom blossen Auge, mit Zuhilfenahme der seitlichen Beleuchtung, ganz einfach und sicher zu stellen.

---

6) Noch in einem vom Jahre 1893: „In einer Reihe von Fällen beginnt die Trübung in der Mitte der Hornhaut."

Wenn hingegen schon *Monate und Jahre* seit dem Abklingen der heftigeren Entzündung verstrichen, und nur noch ganz zarte wolkige Trübungs-Flecke zurückgeblieben sind, ganz ähnlich denen, die nach einfachen, oberflächlichen, *scrophulösen* Hornhaut-Geschwürchen zurückbleiben; oder wenn sogar die Hornhaut dem unbewaffneten Auge ganz rein und durchsichtig erscheint, und das befallene Auge, welches zur Zeit der diffusen Hornhaut-Entzündung Monate lang fast gar nichts oder sehr wenig gesehen hatte, nunmehr wieder feinste Druckschrift zu lesen im Stande ist: *dann* tritt das geschilderte Untersuchungs-Verfahren in seine Rechte und zeigt dem mit der Lupe hinter dem Augenspiegel langsam sich annähernden Auge des Beobachters ein gradezu überraschendes Bild der zierlichsten Blutgefäss-Neubildung, die wegen ihrer Regelmässigkeit selbst einem Anatomen als eine natürliche und angeborene Einrichtung erscheinen könnte, aber doch krankhafter Weise neugebildet ist und einen sicheren Rückschluss auf die Natur des ursächlichen Leidens zulässt.

Immer ist wohl zu beachten, dass diese feinen Blutgefässe fast alle in der *Tiefe* des eigentlichen Hornhaut-Gewebes verlaufen und nicht über die Oberfläche der Hornhaut vorspringen; dass sie von den tiefen Randschlingen der Hornhaut ausgehen und darum *nicht in die vorderen Bindehaut-Gefässe* auf dem Weissen des Auges (der Augapfel-Bindehaut) sich fortsetzen, obwohl selbstverständlich bei *einzelnen* Gefässen dieser Zusammenhang nachgewiesen werden kann. Um diese Thatsache richtig aufzufassen, ist es nothwendig, die Gefäss-Bildung derselben Hornhaut sowohl bei *seitlicher Beleuchtung* mit der Lupe bis in die Augapfel-Bindehaut hinein zu verfolgen und aufzuzeichnen; als auch bei *durchfallendem Licht*, mit der Lupe hinter dem Spiegel, zu betrachten und auf zu zeichnen, wobei man zunächst allerdings nur *bis zum Pupillen-Rande die Hornhaut-Gefässe* wahrnimmt, aber in der Regel eine *grössere Anzahl* derselben zu sehen bekommt. Bei einiger Uebung kann man übrigens auch mit dem Lupen-Spiegel die vor der Regenbogenhaut und in der Augapfel-Bindehaut belegenen Theile der Blutgefässe erkennen. Die in dem Pupillen-Gebiet bei der Durchleuchtung wahrgenommenen Blutgefässe erscheinen als scharfgezeichnete, schwarze Linien; dieselben Blutgefässe, bei seitlicher Beleuchtung mit der Lupe betrachtet, sehen grau aus, sehr viele von ihnen enthalten einen rothen Blutfaden. Sie sind also *keineswegs als verödete* Blutbahnen zu betrachten, sondern unterhalten einen regelmässigen Blutkreislauf.

Figur 41 (S. 110) stammt von einem typischen Fall, der, von einem syphilitischen Vater erzeugt, als siebenjähriger Knabe 1893 mit beginnender diffuser

Hornhaut-Entzündung des rechten Auges und mit frischer, stärkerer des linken kam, rechts ältere gelbe, scheckige und schwarze Herde im Augengrunde; ferner gekerbte Schneidezähne, Verdickung beider Tibien, Narben an den Mundwinkeln, Nacken-Drüsen zeigte. Nach 100 Einreibungen beiderseits $S = 1/2$, beiderseits Herde im Augengrunde.

$2^1/_2$ Jahre nach Beginn der Entzündung sind die im rechten Auge sehr zarten Hornhaut-Gefässe gezeichnet worden, a) bei durchfallendem, b) bei auffallendem Licht; das Randschlingen-Netz aber nur unten: man erkennt recht deutlich, dass die grösseren Stämmchen der Hornhaut-Gefässe nicht aus dem Randschlingen-Netz, sondern aus tiefen Lederhaut-Gefässen hervorzukommen scheinen.

Noch deutlicher ist das in Fig. 42 (S. 115) vom linken Auge eines neunjährigen Mädchens', $^1/_2$ Jahr nach Beginn der diffusen Hornhaut-Entzündung, dargestellt, als S. von $^1/_{200}$ wieder auf $^5/_9$ gestiegen war. [Nach einem Rückfall, August 1896, trat beträchtliche Vermehrung der Blutgefässe auf. Später tiefgreifende Rachen-Geschwüre und dergl.]

Diese neugebildeten Hornhaut-Gefässe entstehen in der Tiefe des Hornhautrand-Saumes als besenförmig auseinander fahrende Büschel, dringen bis gegen den Mittelpunkt der Hornhautfläche vor, verästeln sich und fliessen sowohl mit den benachbarten wie auch mit den von der gegenüberliegenden Seite der Hornhaut herkommenden zusammen, sowohl unter Winkel- als auch unter Bogen-Bildung, und durchsetzen in den ausgeprägten Fällen die ganze Flächen-Ausdehnung der Hornhaut. Die Schlingen- und Schleifen-Bildung scheint um so deutlicher und reichhaltiger zu werden, je länger die Blutgefäss-Neubildung schon besteht. Um diese Verhältnisse zu veranschaulichen, habe ich die Figur 43 zusammengestellt; dieselbe enthält sieben Bilder, die von fünf verschiedenen Fällen, 6 Monate, 3 Jahre, 4 Jahre, 4 Jahre, 13 Jahre nach dem Beginn der diffusen Hornhaut-Entzündung entworfen worden sind: in Fall II und III (Fig. 43, b—e) sind die Blutgefässe, der Deutlichkeit halber, etwas zu stark gezeichnet.

I. Figur 43 a (S. 115) stammt von einem 12 jährigen Knaben, sechs Monate nach Beginn der r. Hornhaut-Entzündung. Das Auge sah derzeit schon Sn. CC in 15'. Lues des Vaters war sichergestellt. Der Knabe litt später an vielfacher Entzündung des Nagelbetts und an Rückfall der rechten Hornhaut-Entzündung. Nach 18 Monaten war die Gefäss-Bildung fast unverändert.

II. Figur 43 b und c stammen von einer 23 j., an deren rechtem Auge ich drei Jahre zuvor die diffuse Hornhaut-Entzündung vom ersten Beginn an beobachtet hatte; das linke wurde später befallen. R. $S = {}^{15}/_{70}$, L. $^{15}/_{100}$.

III. Figur 43 d und e (S. 117) stammen von einer 8 j., die vier Jahre zuvor von der diffusen Hornhaut-Entzündung heimgesucht worden und in jedem Jahr seitdem einen Rückfall durchgemacht. $S. = 1/3$ beiderseits.

Fig. 42. (S. 114.)

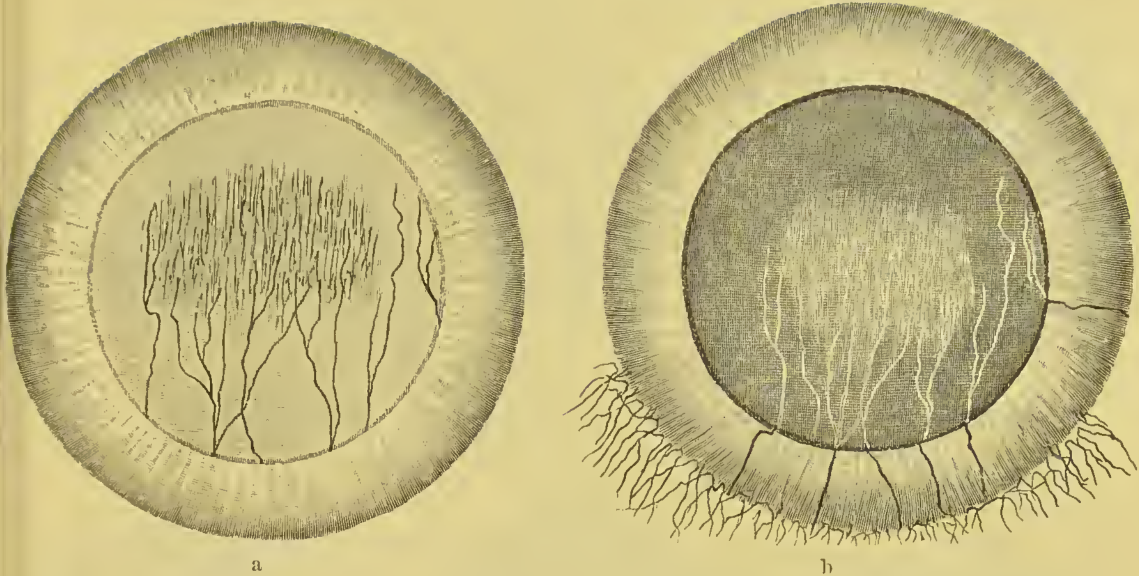
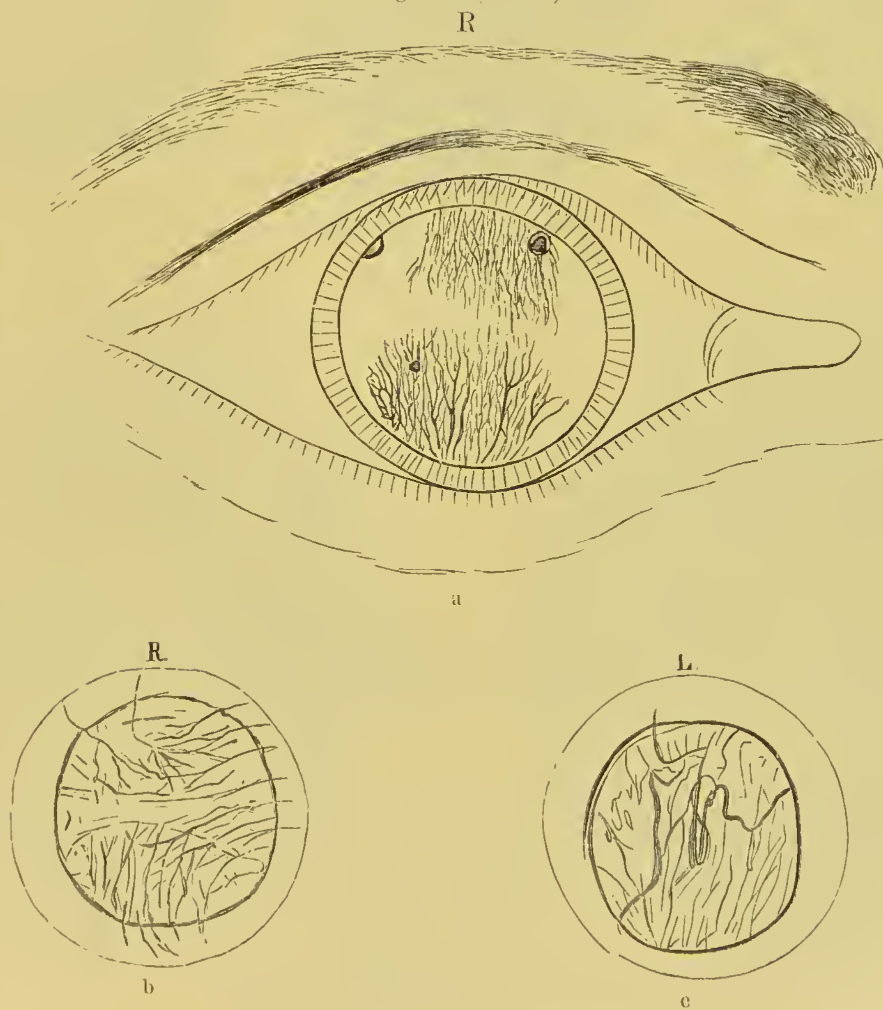


Fig. 43. (S. 114)



IV. Figur 43 f (S. 117) stammt von einem 17 j., der schon im Alter von vier Wochen von einer Lähmung befallen wurde, erst der einen, dann der andren Körperhälfte; nach Bädern sei Besserung eingetreten. Im 7. Jahr wurde er von Gelenk-Entzündung befallen, im 11. von Entzündung des linken, im 13. des rechten Auges. Seit dem 11. Jahr ist er schwerhörig. Das rechte Auge erkennt mit —9″ Sn. *XL* in 15′, das linke ohne Glas Sn. *XX* in 15′. Das Gesichtsfeld ist gut. Vom blossen Auge sieht man keine Veränderung. Mit der Lupe erkennt man Gefäss-Bildung in beiden Hornhäuten; die rechte ist dargestellt. Mit dem Augenspiegel sieht man die Peripherie des rechten Augengrundes gepflastert von hellen und scheckigen, auch Schiess-Scheiben-ähnlichen Heerden; links sieht man nur helle, zarte Fleckchen.

V. Figur 43 g stammt von einer 17 j., die 1872 mit doppelseitiger diffuser Hornhaut-Entzündung kam. Nach $^5/_4$ jähriger Behandlung R. $S = {}^1/_{13}$, L. $S = {}^1/_{17}$, durch Iridectomie auf $^1/_5$ bis $^1/_6$ gehoben. Nach $13^1/_2$ Jahren sind die Hornhaut-Gefässe noch ganz deutlich.

Also die durch Lues, hauptsächlich durch angeborene, bedingte diffuse Hornhaut-Entzündung verläuft immer mit Neubildung von Blutgefässen; diese neugebildeten Blutgefässe schwinden niemals wieder vollständig.[1]) Wenigstens habe ich sie ebenso sowohl 6 Monate, wie 1 Jahr, 2, 3, 4 Jahre, ja selbst 6, 8, 13, 20 Jahre[2]) nach dem Beginn der Hornhaut-Entzündung beobachtet und niemals vermisst, wenn ich nach künstlicher Erweiterung der Pupille des untersuchten Auges mit der Lupe hinter dem Spiegel eine genaue Prüfung vornahm.

Mag die Hornhaut auch dem unbewaffneten Auge ganz durchsichtig erscheinen, mag das früher getrübte Auge auch wieder die feinste Druckschrift zu lesen im Stande sein;[3]) die Lupe hinter dem Augenspiegel enthüllt uns viele Dutzende von besenreiser-förmigen, tiefen Gefässchen, die aus dem Randtheil der Hornhaut gegen die Mitte vordringen und hier mit den von der entgegengesetzten Seite herkommenden sich vereinigen. Also diese optische Untersuchung ist berufen, in so manchem Fall das Bestehen einer wichtigen Allgemeinkrankheit, der angeborenen Lues, festzustellen.

Neben der klinischen Thatsache erstaunt uns auch die physiologische, dass ein schon grösserer und wichtiger Theil eines Gliedes vom menschlichen Körper, wie des Auges Hornhaut, von Natur gefässlos und nur durch Saft-Strömung ernährt, durch Krankheit eine ganz vollständige und so

1) Dass sie in vielen Fällen wieder sparsamer werden, ist selbstverständlich. Am besten erkennt man dies, wenn man einen Lachsfleck der Hornhaut genau mit der Lupe zeichnet und den Fall weiter verfolgt.

2) Und sogar 40 Jahre, in Fällen, deren frische Entzündung allerdings nicht von mir, sondern von meinen Vorgängern beobachtet worden.

3) In manchen Fällen bleibt Kurzsichtigkeit zurück von der Hornhaut-Erkrankung; in andren starke Uebersichtigkeit mit *As.*







Fig. 43. (S. 114 und 116.)

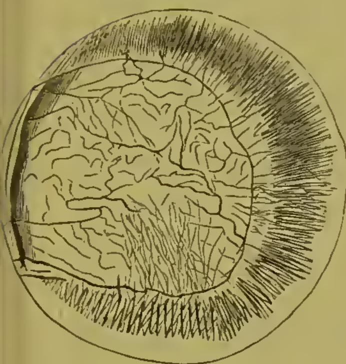


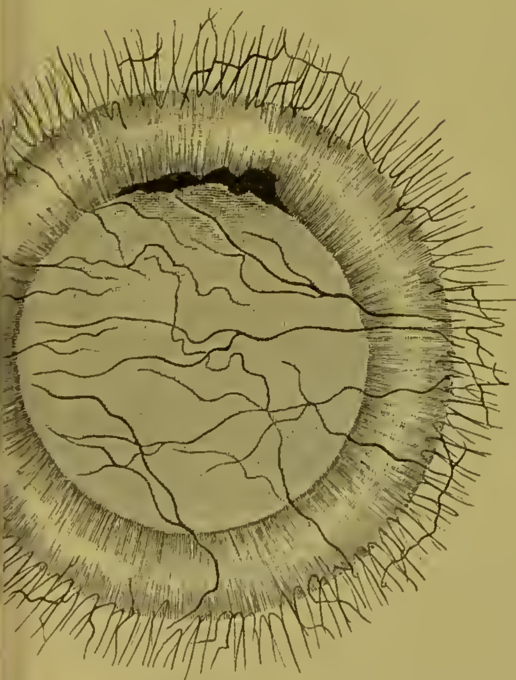
Fig. 43g. (S. 116.)



Fig. 44. (S. 118.)



Fig. 45. (S. 118.)



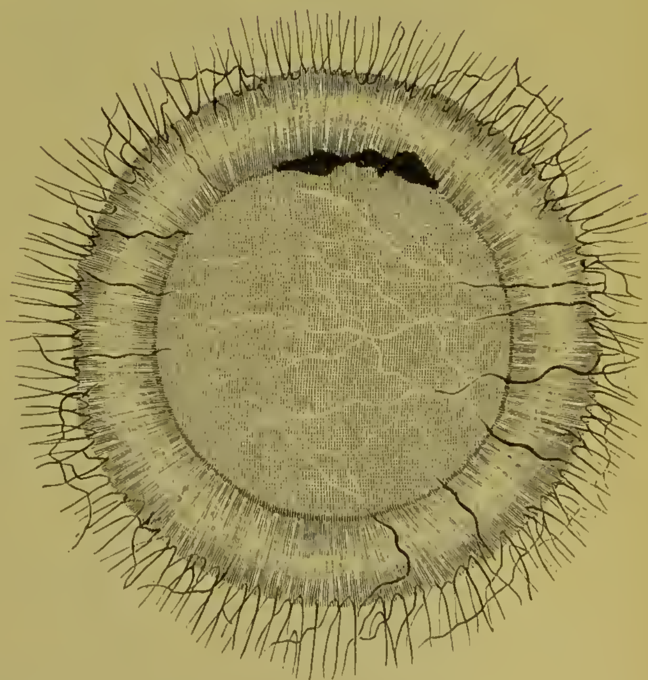


Fig. 46. (S. 120.)

regelmässige[1] Gefäss-Neubildung erhalten kann, dass die berühmtesten Anatomen dadurch getäuscht wurden; und dass dieser Theil bei der neuen Ernährung durch Blutgefässe ruhig fortlebt und seine wichtige Thätigkeit, als durchsichtiges Lichtfenster, nahezu ungestört weiter entfaltet bis zum natürlichen Ende des Lebens. Aehnliche Fälle von gleicher Klarheit aufzufinden, ist schon schwierig; fast unmöglich scheint es, das Gegenstück dazu nachzuweisen, dass ein von Natur auf Blutgefäss-Ernährung angewiesener Theil, wenn er, durch Krankheit, seiner Blutgefässe vollständig beraubt wird, doch ruhig fortlebt und seine angestammte Thätigkeit weiter entfaltet.

Die Gefässe der diffusen Hornhaut-Entzündung liegen in der Tiefe und sind besenreiser-förmig verästelt; darin stimmt die klinische Erfahrung mit der anatomischen Forschung überein. Aber die erstere ist reicher, als die letztere, und zeigt uns, dass erstlich im Laufe der Jahre mehr und mehr Gefäss-Schlingen hervortreten, (ich will übrigens gar nicht erörtern, ob sie schon von vornherein vorhanden, aber unsichtbar gewesen;) und dass zweitens neben den tiefen Gefässen auch einzelne oberflächliche Gefässe, wenigstens in einzelnen Fällen, vorhanden sind. Das sieht man schon auf frühen Stufen der Erkrankung, wenn man z. B. einen eben abblassenden Lachs-Fleck bei auffallendem Licht der Lupen-Untersuchung unterwirft. (Vgl. Fig. 38, S. 110.)

Einzelne oberflächliche Gefässe sieht man auch auf späteren Stufen der Erkrankung, besonders in denjenigen gar nicht seltnen Fällen, wo das mit angeborener Lues behaftete, von diffuser Hornhaut-Entzündung heimgesuchte Kind im Laufe der folgenden Jahre, infolge eines hartnäckigen Nasen-Schleimflusses, an Bläschen-Katarrh der Bindehaut erkrankt: es sind dies Fälle, die falsch gedeutet werden können und auch oft genug falsch gedeutet worden sind.

Figur 45 (S. 117) betrifft einen Knaben, von dessen 11 Geschwistern 5 im Laufe des ersten Lebensjahres verstorben waren; im Alter von 15 Jahren wurde er von diffuser Hornhaut-Entzündung erst des linken Auges, bald auch des rechten befallen; das linke erlitt Rückfälle und wurde auch unter

---

1) Fig. 44 (S. 117) entstammt einem 13 j. Mädchen, deren Vater 1873 wegen Lues nach Aachen geschickt worden, 1881 geheirathet hatte und 1890 an Paralyse verstorben war. Pat. ist das älteste Kind und wurde 19. I. 95 mit dem Beginn der diffusen Hornhaut-Entzündung des r. Auges gebracht. (Lachs-Fleck unten.) — 19. X. 95, nach 100 Einreibungen geheilt. — 6. XII. 97 Beginn der link-seitigen Hornhaut-Entzündung, neue Kur. 26. VI. 97, als das l. Auge wieder gut sah, ist die Figur 44 (mit + 20 *D* hinter dem Spiegel) gezeichnet. Hier tritt das Charakteristische der Gefäss-Bildung sogar schon bei einfacher Durchleuchtung, ohne Vergrösserungs-Glas, deutlich hervor. Die stärkeren Blutgefässe sind übrigens mächtiger, als alle vorderen Blutgefässe in der Augapfel-Bindehaut, und stammen sichtlich aus der Tiefe.

unsrer Beobachtung mehrfach von Bläschen (Phlyktänen) heimgesucht. Nach 48 Einreibungen war Besserung eingetreten. — Nach acht Jahren waren beide Augen reizlos, beiderseits sind typische Hornhaut-Gefässe wahrzunehmen, beiderseits scheckige Herde in der Peripherie des Augengrundes, links auch Flocken im Glaskörper. Links sitzt in der Mitte der Hornhaut ein Trübungs-Streif. Ausser den besenreiser-förmigen, zarten und tiefen Blutgefässen erkennt man zwei stärkere, mehr oberflächliche, die sich bis in die vorderen Augapfelbindehaut-Gefässe verfolgen lassen, und bilden eine Schlinge, die nach weiteren drei Jahren noch deutlicher als solche hervortrat.

Noch weit reicher wird die Beimengung oberflächlicher Gefässe in dem seltnen Fall, wo inmitten der durch diffuse Entzündung getrübten und von Gefässen durchsetzten Hornhaut eine gelbe Gummi-Geschwulst sich entwickelt hatte und bei passender Behandlung unter oberflächlicher Geschwürs-Bildung wieder geheilt war.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich noch einige Anmerkungen über die Ursache der diese typischen Blutgefässe veranlassenden, diffusen Hornhaut-Entzündung beifügen. Die Ursache ist Lues. Das lässt sich am besten in einer grossen Stadt an einem grossen Kranken-Material erkennen. Ich selber habe über 1200 Fälle dieser diffusen Hornhaut-Entzündung beobachtet.

Die Diagnose der angeborenen Lues ist gar nicht so leicht, wenigstens in sehr vielen Fällen.[1]

Durch angeborene Lues wird späteres Auftreten der Scrophulose, gelegentlich auch das der Lungen-Tuberculose nicht ausgeschlossen. Aber es wäre ein verhängnissvoller Irrthum, die typische diffuse Hornhaut-Entzündung der Lues zu entziehen und der Tuberculose, sagen wir ein Drittel der Fälle, zuzutheilen.[2]

Die im Gefolge der Augen-Tuberculose auftretenden Hornhaut-Veränderungen verlaufen ganz anders, als die typische diffuse Hornhaut-Entzündung. Zwei Hauptformen kommen in Betracht, beide sind sehr selten gegenüber der diffusen Hornhaut-Entzündung.

Erstlich tritt bei der entzündlichen Tuberculose der Regenbogenhaut eine stärkere Punktirung der Hornhaut auf,[3] die Krankheit ist zumeist nur einseitig und an der verkästen Wucherung der Regenbogenhaut leicht zu erkennen; das Auge wird durch den Process zerstört oder, wegen der Unerträglichkeit des Schmerzes, wenn es völlig erblindet ist, vom Wundarzt entfernt.

Sodann giebt es mildere Formen der Tuberculose mit Knötchen auf der Augapfel-Bindehaut und Lederhaut, auch einzelnen in der Regenbogenhaut, und secundärer Hornhaut-Entzündung. Es handelt sich scheinbar um chronische, über Jahre sich hinziehende und wiederkehrende Entzündung des vorderen Augapfel-Abschnittes; das Auge bleibt gewöhnlich erhalten und zeigt schliesslich ein Aussehen, wie nach starker Lederhaut-Ent-

1) Deutsche medicinische Wochenschrift 1895. Nr. 26 und 27.

2) Schon mehr als einen Fall, der als „Tuberculose“ aufgegeben war, habe ich durch Hg geheilt, — und selbst das Lungen-Leiden der Mutter dazu, durch Kj.

3) Vgl. Centralblatt für Augenheilkunde, 1882, S. 196, Fig. 2.

zündung. Dem entsprechend sind die Hornhaut-Narben ähnlich denen der secundären, sogenannten sklerosirenden Rand-Keratitis; ebenso auch die Gefässe, denen aber zahlreiche oberflächliche Aeste beigemengt sind.

. Mit denen, die heute noch, wie seiner Zeit der alte Arlt, eine rheumatische Form der diffusen Hornhaut-Entzündung annehmen, will ich nicht rechten; manchmal machen sie selber das Eingeständniss, es sei ja gar keine diffuse Hornhaut-Entzündung gewesen.

Weit wichtiger erscheint mir die Erörterung, warum in zahlreichen Fällen die vorhandene Lues verkannt wird. Sie braucht nämlich nicht angeboren zu sein. „Beide Eltern des an diffuser Hornhaut-Entzündung erkrankten Kindes waren gesund, alle Geschwister sind gesund, es fehlten in der Familie Fehl- und Todt-Geburten“; das wird uns in Schrift und Wort eingewendet. Aber dann kann die Lues dem Kinde von der Amme her eingeimpft sein. Das ist gar nicht so selten, obwohl die Lehrbücher es nicht erwähnen und sogar Hutchinson davon schweigt.

Fig. 46 (S. 117) zeigt die Gefässe eines 7jähr. ein Jahr nach dem Beginn der heftigen, doppelseitigen Erkrankung, a bei durchfallendem, b bei auffallendem Licht gezeichnet. Obwohl die Bindehaut-Gefässe recht deutlich entwickelt sind, tauchen doch die Hornhaut-Gefässe fast alle aus der Tiefe auf, ohne in die ersteren überzugehen. Die Familie ist ganz gesund, er selber syphilitisch, von einer seiner 4 Ammen. Sehkraft zur Zeit $^1/_3$ bis $^1/_4$.

Mitunter ist es recht schwer, die wahre Natur des Leidens festzustellen. Am 21. September 1895 kam eine 21jährige, sehr zarte Frau, die erst seit 4 Monaten verheirathet war, zur Aufnahme wegen heftigster diffuser Hornhaut-Entzündung des linken Auges . . . Von ihrer Mutter erfuhr ich alles: Als das Kind $^3/_4$ Jahr alt war, wurde es von der Amme angesteckt, und steckte selber bald darauf auch Vater und Mutter an, die unter Einreibungen von Quecksilber bald wieder genasen. Das Kind aber bekam Ausschläge, erhielt Einreibungen von grauer Salbe und genas. Nach mehreren Jahren trat bei ihm Knochen-Auftreibung an der Hacke ein. Neue Einreibungen beseitigten das Uebel. Im Alter von 11 Jahren litt das Kind wieder an Muskel- und Kniegelenk-Entzündung, bekam wieder Einreibungen und blieb seitdem gesund, bis jetzt.

So war die diffuse Hornhaut-Entzündung erklärt, die zwanzig Jahre nach der Ansteckung aufgetreten. Nunmehr wurden regelmässig, immer 5 Tage lang, täglich je 2 g grauer Salbe eingerieben, dann fünf Tage Jodkali eingenommen u. s. f. Dazu Einträuflungen von Atropin und Cocaïn, sowie Aufenthalt im Dunklen. Am 14. October 1895 erkrankte auch das rechte Auge, indem Rand-Trübung der Hornhaut, unter Röthung rings um die letztere, auftrat. Am 21. October 1895 waren beide Hornhäute diffus getrübt, die Augen lebhaft entzündet und lichtscheu. Am 21. Januar 1896 war schon Besserung sichtbar, R. S = $^1/_{12}$, L. $^1/_4$. Am 12. Februar 1896, nach 70 Einreibungen, waren die Augen ziemlich reizlos, feine Trübung, hauptsächlich im unteren Theil der Hornhaut, mit den typischen, neugebildeten Gefässen. Am 1. April 1896, nach 100 Einreibungen, R. S = $^1/_3$, L. $^1/_2$. August 1896 beiderseits S = $^1/_2$, Januar 1897 fast = 1. (Sie bekam ein gesundes Kind und ist selber bis heute gesund geblieben.)

Fig. 47 (S. 123) zeigt die Gefässe der linken Hornhaut, neun Monate nach Beginn der Entzündung, von der Künstlerin Frl. P. Günther recht naturgetreu gezeichnet (b bei auffallendem, a bei durchfallendem Licht); nur dass einige überaus feine fehlen. Aber die meisten Beobachter würden das Bild so sehen, wie es gezeichnet ist. Die Umbiegungs-Schlingen sind am lebenden Auge nicht immer wahrzunehmen.

Ausser der angeborenen Lues, der häufigsten Ursache, und der von der Amme her übermittelten,[1] die schon weit seltener ist, kommt endlich noch, ebenfalls selten, die erworbene Lues der Erwachsenen als Ursache diffuser Hornhaut-Entzündung in Betracht. Bei Greisen habe ich die letztgenannte Form nie beobachtet, sondern nur in der Blüthezeit des Lebens; bei Männern noch seltener, als bei Frauen. Tritt früh eine gründliche Behandlung ein (Einreibung, bezw. Sublimat-Einspritzung in das Gesäss), so gelingt es hier öfters, die Krankheit auf einer niederen Entwicklung-Stufe zurückzuhalten, so dass sie mehr einer Rand-Keratitis ähnlich bleibt. Dass bei der durch erworbene Lues bedingten diffusen Hornhaut-Entzündung keine Blutgefässe in der Hornhaut auftreten, ist zwar behauptet worden; aber nach meinen Erfahrungen ist es nicht begründet.[2]

Bis 1888 stand in fast allen unsren Lehr- und Hand-Büchern der Augenheilkunde.[3] wenn dieser Gegenstand überhaupt berührt wurde,

---

1) Für solche, die es nöthig haben, — lues nutricia, l. ex nutrice, l. τροφική.

2) Vgl. auch noch d. Verh. d. berl. ophth. G., Nov. 1900.

3) Vgl. die Blumen-Lese, die ich in der Deutschen med. Wochenschr. 1888, Nr. 25 und 26, gegeben. Daselbst habe ich auch die Frage der Priorität, die neuerdings in Lehrbüchern und Abhandlungen mehrfach ganz irrthümlich besprochen ist, schon richtig gestellt und zwar folgendermaassen:

I. Schöbl, November 1886: Genaue Darstellung der Anatomie, Hinweis auf die Lupen-Untersuchung des lebenden Auges, (die übrigens ja schon von Beer geübt worden).

II. Hirschberg, November 1886, Lupen-Bild der tiefen, besenförmigen Hornhaut-Gefässe bei diffuser Hornhaut-Entzündung. Anwendung der Lupe bei reflectirtem und durchfallendem Licht, d. h. hinter dem Augenspiegel, „seit etlichen Jahren".

III. Nettleship, Diseases of the eye, London 1887, fourth edition, S. 114: Very minute vessels (as in Fig. 52) seen by direct ophthalmoscop examination with a high + lens, nearly strait and branching at acute angles with short abrupt rectangular bends here and there, are often left, and when found, are good evidence of interstitial Keratitis. In den früheren Auflagen fehlt dieser Satz.

IV. Hirschberg, 1888: Genaue Darstellung der klinisch sichtbaren Hornhaut-Gefässe mit 12 Abbildungen.

Somit ist es nicht richtig, „dass der Nachweis dieser Gefässe mit einem hinter dem Augenspiegel angebrachten starken Convex-Glas zuerst von Nett-

dass die Hornhaut-Gefässe nach Heilung der diffusen Entzündung wieder verschwinden.

Meine damals ausgesprochene Erwartung, dass die zukünftigen Lehrbücher dies richtig stellen würden, ist, wenigstens für die guten, in Erfüllung gegangen.

Natürlich giebt es noch andre Erkrankungen des Hornhaut-Gewebes, welche tiefe Hornhaut-Gefässe ausbilden. Diese Entzündungen haben sogar einige Berührungspunkte mit der diffusen, sowohl hinsichtlich der Ursache als auch der Erscheinungsform. Hierher gehört vor allem die sogenannte sklerosirende Rand-Keratitis, welche ja nicht selten durch Lues bedingt wird. Die Gefäss-Bildung ist beschränkt auf einen, sei es schmalen, sei es breiteren Rand-Theil der Hornhaut; zwischen den wolken-artig zusammengeballten Trübungsflecken der Hornhaut erscheinen Büschel von tiefen, plumpen Blutgefässen, wie von einem an den Spitzen abgefegten Reis-Besen,[1] während zwischen den Büscheln auch einzelne feinere Aeste aus der Bindehaut (bezw. aus den oberflächlichen Randschlingen) auf die Hornhaut übertreten. (Fig. 48, S. 123, schematisch.)

Eine sehr merkwürdige Gefäss-Neubildung sah ich in einem Falle von einfacher (nicht specifischer) Lederhaut-Entzündung am oberen Hornhaut-Rande: während das Randschlingen-Netz vorgeschoben wurde, bildete sich eine tiefe, querliegende Locke von dichtgedrängten, schlingenförmigen Blutgefässen, von denen schliesslich, für die klinische Beobachtung, nur ein Bündel zurückblieb. (Fig. 49, S. 123.)[2]

Ueberhaupt war die Meinung irrig, die man bis vor kurzem von den neugebildeten Hornhaut-Gefässen gehegt, bezw. gedruckt hat, dass sie nämlich nach Ablauf der ursprünglichen Entzündung wieder verschwinden, — wie der Mohr, der seine Schuldigkeit gethan.

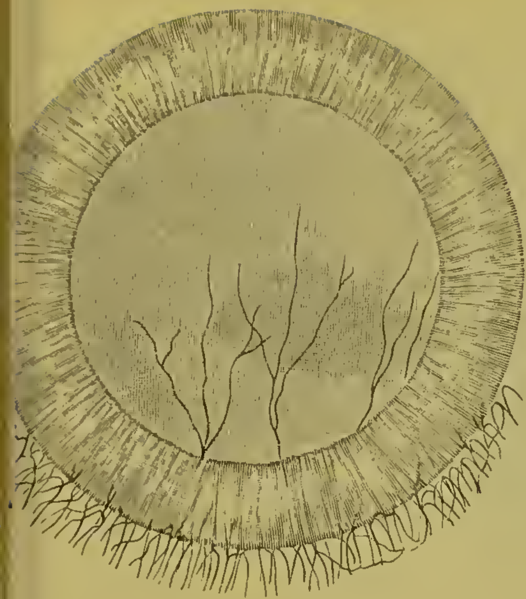
Tiefere Geschwüre der Hornhaut heilen unter Neubildung von Blutgefässen, die von dem Rande der Hornhaut zu dem Geschwürs-Boden hinziehen, offenbar den Ernährungs-Stoff zur Ausfüllung des Substanz-Verlustes herbeischaffen und, obwohl sie krankhaft sind, doch keineswegs zerstört werden dürfen. Man nennt das in der schönen

---

leship erbracht und dann von Hirschberg ausführlicher erörtert wurde", wie es noch in einem Handbuch von 1893 dargestellt wird.

1) Gelegentlich sieht man solche auch bei noch frischer, diffuser Hornhaut-Entzündung.

2) Ich betone ausdrücklich, dass man schlingenförmige Umbiegungen nicht immer am Lebenden sehen kann, aber darum nicht gleich ihr Vorhandensein leugnen darf.



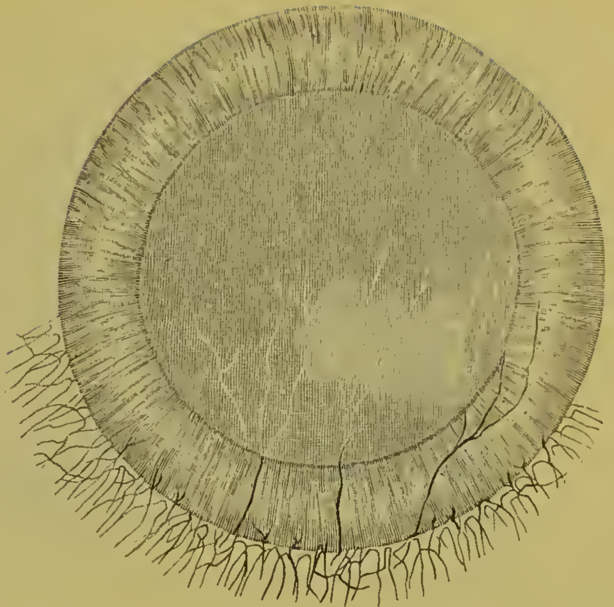


Fig. 47. (S. 121.)

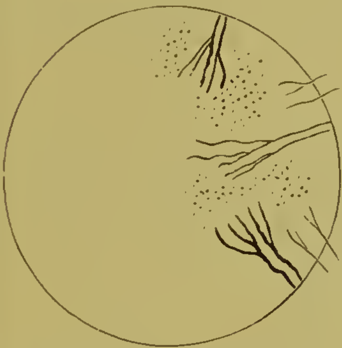


Fig. 48. (S. 122.)

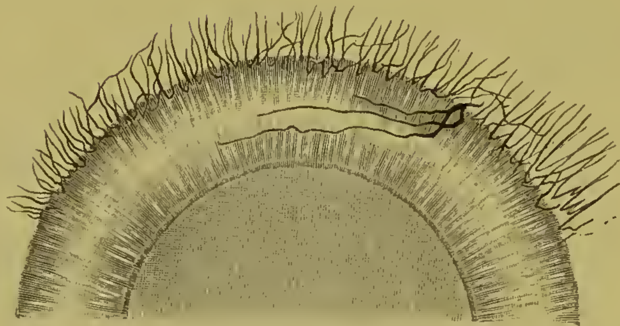


Fig. 49. (S. 122.)





Fig. 50. (S. 124.)

Sprache der Aerzte den *Reparations-Pannus*. Untersucht man nun einen solchen *weissen Narben-Fleck*, der nach einem tiefen Hornhaut-Geschwür zurückgeblieben ist, selbst *nach Jahren*, mit der Lupe hinter dem Augenspiegel; so findet man zu seiner Ueberraschung, dass das Narben-Gewebe ganz und gar durchsetzt ist von Blutgefässen, deren Hauptstämme bis zum Hornhaut-Rande und darüber hinaus bis zu den *vorderen Bindehaut-Gefässen* oberhalb der Lederhaut sich *verfolgen lassen*, während das ganze gewölbbogen-artige Randschlingen-Netz rings herum in den angrenzenden Theil der Hornhaut hinein vorgeschoben ist, hingegen die von dem Narbenfleck freien Theile der eigentlichen Hornhaut auch gefässlos erscheinen. Vgl. Fig. 50, S. 123, die bei durchfallendem Licht gezeichnet ist, a) unter gewöhnlicher Betrachtung, b) mit dem Lupen-Spiegel.

Fig. 51, S. 123, giebt ein in Verheilung begriffenes Hornhaut-Geschwür; die Gefässe sind bei auffallendem Licht gezeichnet.

Besonders lehrreiche Bilder liefert die traurige Kalk-Verätzung der Hornhaut, nach welcher auf dem weissen Hintergrund die oberflächlichen, hellrothen Gefässe bis in die feinsten Verzweigungen hinein recht deutlich sich abheben.

4 Jahre, nachdem eine 60 jährige (nach Zubrennen der absondernden Thränen-Punkte) mit runder Pupille erfolgreich von mir extrahirt worden, wurde sie von Bindehaut-Absonderung und Rand-Abscess der Hornhaut heimgesucht. Unter einfachen Mitteln trat Heilung ein. Zurückblieb die merkwürdige Gefäss-Bildung, Fig. 52, S. 125.

Auch das *gewöhnliche Fell der körnigen Bindehaut-Entzündung*, der sogenannte *Pannus trachomatosus*, ist ganz eigenartig.

Zuerst werden die (in die *vorderen Bindehaut-Gefässe* zu verfolgenden) *Rand-Schlingen* über die eigentliche Hornhaut fort, gemeinhin von ihrem *oberen* Rande aus, vorgeschoben.[1]) (Fig. 53, S. 125, stammt von einem 39 jährigen Ostpreussen, der von einer schweren Erkrankung der Augen nichts wusste, aber deutlich narbiges Trachom darbot.)

Sodann rückt das *baumförmig* verästelte, sichtlich *oberflächliche*, dichte Gefäss-Netz weiter nach unten bis zur Mitte der

---

1) „Trachom habe ich seit acht Jahren, Pannus nicht,“ sagte mir kürzlich ein russischer Arzt. Ich fand mit der Lupe sofort den Pannus, 1/3 bis 1/2 so breit, wie in Fig. 53. Vom blossen Auge sieht man am oberen Rande der Hornhaut eine graue Randleiste von kaum 1 Mm. Breite. Diese ist bei Leuten, welche die körnige Bindehaut-Erkrankung ohne schwere Schädigung durchgemacht haben, ausserordentlich häufig.



Fig, 51. (S. 124.)

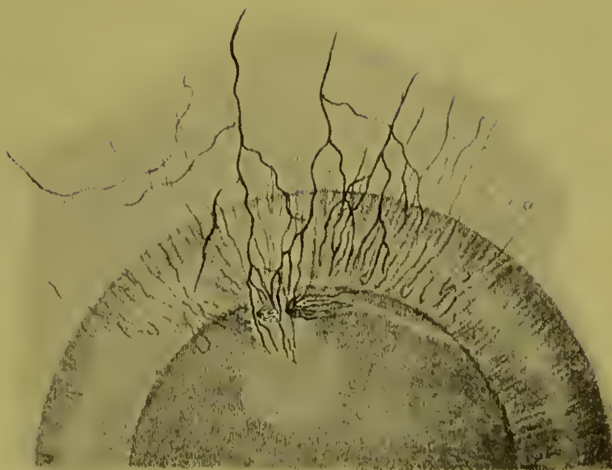


Fig. 52. (S. 124.)

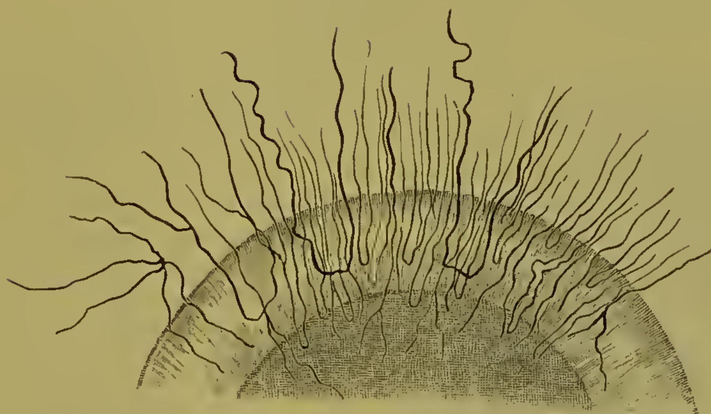


Fig. 53. (S. 124.)

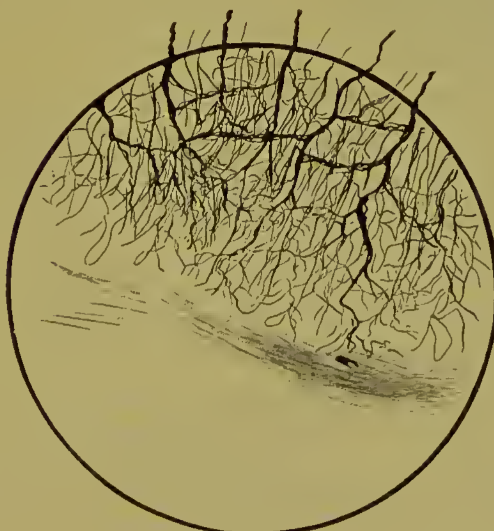


Fig. 54. (S. 126.)

Hornhaut und darüber hinaus; am vorderen Ende der Gefäss-Neubildung sind zahlreiche Schlingen, Umbiegungen von feinen Arterien in breitere Venen, klar zu unterscheiden. (Fig. 54, S. 125). Besonders deutlich sind diese Schlingen bei durchfallendem Licht, mit dem Lupen-Spiegel, zu sehen, namentlich bei solchen Kranken, die mit einer (selten nützlichen) Pupillen-Bildung durch Regenbogenhaut-Ausschneidung zu uns gekommen sind. Zehn Jahre und länger nach dem scheinbaren Erlöschen der Krankheit habe ich diese Gefäss-Bildung beobachtet und gezeichnet.

Schliesslich kann die ganze Hornhaut-Vorderfläche von einem oberflächlichen Gefäss-Netz überzogen werden, dessen breitere venöse Stämme einerseits am Hornhaut-Rande in die der Bindehaut übergehen, andrerseits vor der Pupille durch Schlingen aus feineren arteriellen Gefässen ihren Ursprung nehmen, oder auch durch breitere Bögen in benachbarte Venen überfliessen.

Noch viele Jahre nach scheinbarer Ausheilung des dicken Felles (Pannus crassus), wenn das röthliche, unebene Aussehen der Hornhaut geschwunden, das Auge, welches früher kaum Finger in der Nähe gezählt, wieder mittlere Schriften zu lesen im Stande ist, kann man die zahlreich zurückbleibenden Blutgefässe nachweisen. Fig. 55, S. 127, stammt von einer 23jährigen, nach elfjährigem Bestand des Leidens, als das Auge nach längerer Behandlung schon wieder Finger auf Stubenlänge zu zählen vermochte, und die ziemlich glatte Hornhaut dem blossen Auge nur wenige Blutgefässe zu enthalten schien.

Bei dem sogenannten scrophulösen Fell ist der Charakter der Blut-Gefässe einigermaassen ähnlich, wie bei dem trachomatösen, nur die Vertheilung anders-artig, nicht so regelmässig von oben her beginnend und auch nicht so vollständig über die Hornhaut-Vorderfläche ausgedehnt. (Vgl. Fig. 56, S. 127.)

Von den frischen (acuten) Hornhaut-Veränderungen durch Bläschen-Katarrh (Phlyktaenen) will ich hier nicht reden, zumal man deren Blut-Gefässe vom blossen Auge nicht blos deutlich wahrnehmen, sondern auch in den verschiedenen Processen leicht auseinanderhalten kann: bei dem Rand-Geschwürchen mit späterer Gefäss-Neubildung ist die letztere breiter als das erstere, die mittleren Gefässe scheinen das Geschwür zu erreichen, die seitlichen sind kürzer: bei dem scrophulösen Gefäss-Bändchen entwickelt sich, vom Hornhaut-Rande aus vordringend, ein schmaler Büschel speichenförmiger Blut-Gefässe, an der Spitze (nach der Hornhaut-Mitte zu) von einem bügelförmigen, gelb-weissen Heerd umgeben, der mit dem Vorwachsen der Blutgefässe weiter vorrückt.

Aber auch hier bleibt die Gefäss-Neubildung für das ganze Leben erhalten und gestattet noch nach vielen Jahren sichere



Fig. 55. (S. 126.)

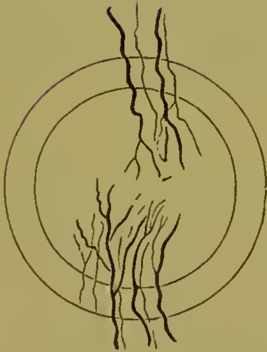


Fig. 56. (S. 126.)



Fig. 57. (S. 127.)

Rückschlüsse auf das ursprüngliche Leiden. Fig. 57, S. 127, stammt von dem linken Auge eines Studenten, der in der Kindheit eine (verästelte) Büschel-Keratitis durchgemacht, davon nur einen unscheinbaren Fleck zurückbehalten hatte und wieder feinste Schrift zu lesen im Stande war. Die Blut-Gefässe zeichneten sich durch grosse Zartheit aus.

Die neugebildeten Blutgefässe der Hornhaut sind nicht blos geeignet, zur besseren Erkenntniss, sei es von örtlichen Augen-Krankheiten, sei es von Allgemein-Leiden beizutragen, sondern auch berufen,

einige schwierige Fragen der allgemeinen Krankheits-Lehre mit aufklären zu helfen.

Jeder erfahrene Kliniker wird mit mir darin übereinstimmen, dass die Hornhaut-Gefässe zu den wichtigsten Gegenständen der augenärztlichen Diagnostik gehören.

Die Vorderkammer

des gesunden Auges enthält klares (Kammer-)Wasser, mehr oder weniger, je nach ihrer Tiefe, die vom blossen Auge, noch besser mit seitlicher Beleuchtung, abzuschätzen ist. Unter krankhaften Verhältnissen kann sie Faserstoff, Eiter, Blut, Gewebs-Fetzen, Fremdkörper, lebende Würmer (Finnen, Fadenwürmer) beherbergen. Seitliche Beleuchtung mit Lupen-Vergrösserung sichert und erweitert die Diagnose.

Wie man grauen Faserstoff, weissgelben Eiter, rothes Blut von einander unterscheidet, brauche ich nicht weiter auszuführen. Auch ist hier nicht der Ort, Fremdkörper und Finnen der Vorderkammer zu schildern, da wir darauf noch zurückkommen. Durch passende Anwendung physikalischer Untersuchungs-Verfahren auf den Inhalt der Vorderkammer vermag man gelegentlich ein schwer gefährdetes Auge vom Untergang zu erretten.

1873 [1] kam ein 26 jähr. Dr. ph., der 11 Jahre zuvor sein rechtes Auge durch Explosion einer mit Pulver gefüllten, dickwandigen Glasflasche verletzt hatte, zu mir mit heftigster (eyklitischer) Reizung dieses Auges. Mit kräftiger seitlicher Beleuchtung entdecke ich in der Vorderkammer einen in Schwarten eingebetteten, durchsichtigen Körper, dessen Endfläche einen viereckigen, hell-glänzenden Rand zeigt, und ziehe, unter Chloroform-Betäubung, den Glas-Splitter von $6 \times 2^1/_2 \times 2$ Mm. glücklich heraus. Das Auge lernt gröbere Schrift lesen und ist bis heute erhalten geblieben. [2] — Einmal (1874) [3] fand ich das untere Drittel der Hornhaut von dem Aussehen eines erhabenen Silber-Spiegels oder einer Thermometer-Kugel, da das untere Drittel der Vorderkammer von beweglichem Brei glitzernder Cholestearin-Krystalle gänzlich ausgefüllt war; einzelne Krystalle an der Hinter-

---

1) Berl. Klin. W. 1874, No. 5.

2) Aber man soll nicht für einen Fremdkörper halten den hellen Licht-Fleck, welchen ein linsen-förmig erhabenes, wasserklares Bläschen an der Hornhaut-Vorderfläche als Bild der seitlich stehenden Lampen-Flamme auf der Regenbogenhaut hervorruft. Man soll auch den Schatten richtig beurtheilen, den eine umschriebene Hornhaut-Trübung unter Umständen auf die Iris wirft.

3) D. Zeitsch f. pr. Medizin 1874.

fläche der oberen zwei Drittel der Hornhaut; Pupille verschlossen; Langbau, Stockblindheit dieses Auges. (Enucleation. Trichterförmige Netzhaut-Ablösung, Linsen-Verschiebung, Cholestearin in dem geschrumpften, sulzigen Glaskörper.) Derartige Fälle sind ausserordentlich selten. Ich besinne mich, später nur noch einen, von Knapp, gelesen zu haben.

17. Untersuchung der Regenbogenhaut.

Die normale Regenbogenhaut ist ziemlich undurchsichtig: sie wirkt ja grade, wie eine Blende mit einem Loch. Wegen dieser Undurchsichtigkeit kommt zunächst die seitliche Beleuchtung nebst Lupen-Betrachtung in Frage. Die Vorderfläche der Iris[1]) zeigt zierlich strahlen-förmig angeordnete, dicht gedrängte, vorspringende Leistchen, die vom ciliaren Rande nach dem pupillaren hinstreben. Diese Leisten enthalten die im Iris-Gewebe liegenden Blutgefässe. Ungefähr am letzten Drittel ihres Verlaufes verflechten sie sich mit mehr kreisförmigen Leistchen, welche den kleinen Kreis der Regenbogenhaut bilden. Der letztere theilt die Iris in den Pupillen-Theil und den Strahlenkörper-Theil.[2]) Hauptsächlich im Anfangs-Theil des letzteren, dicht am kleinen Kreis, beobachtet man kleine Gruben,[3]) die durch Auseinander-weichen der oberflächlichen, strahlen-förmigen Leistchen gebildet sind; ganz feine auch am End-Theil. Die Fläche des kleinen Kreises (der Pupillen-Theil) ist in braunen Augen nicht selten etwas dunkler gefärbt, als der Strahlenkörper-Theil; in blauen eher grau, gelegentlich mit einem gelblichen Anflug.

Der Ciliar-Rand der Iris zeigt wohl einige kreisförmige seichte Furchen, zwischen flachen Falten. Der Pupillar-Rand ist von einem schwarzen Saum des nach vorn umgeschlagenen Pigment-Blatts eingefasst. Schon Beer hat richtig angemerkt, dass dieser dunkle Saum von der natürlich schwarzen Pupille weit weniger sich abhebt, als von dem weisslichen Hintergrund der starig getrübten Linse.

---

1) Gewöhnlich Relief (französisch) genannt. Der Ausdruck bezieht sich auf die erhabene Arbeit der Bildhauer.

2) Pupillar-Zone, Ciliar-Zone.

3) Gewöhnlich Krypten genannt. (*Κρυπτός*, verborgen. *Κρύπτη*, crypta, bedeutet Gewölbe, Grotte, Gruft; im mittelalterlichen Latein auch ein unterirdisches Kirchlein: aber doch nicht eine Höhle oder ein Grübchen, wie die Aerzte seit mehr als 100 Jahren — wünschen. Somit ist der fremde Name gar nicht so passend, wie man gewöhnlich annimmt.

Von der normalen Färbung der Regenbogenhaut würde ich hier gar nicht sprechen, wenn ich nicht einige krankhafte Veränderungen derselben zu berücksichtigen hätte, welche auf Störungen im Augengrunde beruhen und also des Augenspiegels nicht entrathen können.

Die normale Färbung der Regenbogenhaut hängt zusammen mit dem Pigment-Gehalt von Haut und Haaren. Bei Menschen mit lichtem Haar ist die Regenbogenhaut blau oder grau, bei denen mit dunklem aber braun. Bei den blau-äugigen schimmert der dunkle (retinale) Pigment-Belag der Regenbogenhaut durch das dünne pigment-arme Stroma durch; bei den grau-äugigen ist das Stroma dichter, weniger durchschimmernd und dabei pigment-arm; bei den braun-äugigen hat auch im Stroma (d. h. in den verzweigten Zellen desselben) reichlich Pigment sich abgelagert.[1] „Blau sind," sagt Aristoteles,[2] „die Augen aller neugeborenen Kinder;[3] später aber ändern sich dieselben zu der ihnen für die Zukunft bleibenden Beschaffenheit". Das Stroma-Pigment bildet sich eben erst im Laufe der ersten Monate nach der Geburt. Bei
a) Albinos. den Kakerlaken[a] fehlt nicht blos im Stroma, sondern auch in den hinteren (retinalen) Zellen der Regenbogenhaut fast jede Spur des Pigments; die Iris erscheint grauröthlich, durch ihre Blutgefässe.

Gelegentlich findet man in einer hellen Regenbogenhaut umschriebene gelbe oder braune Flecke. Uebrigens versäume man ja nicht, die Lupe zur Unterscheidung derselben von Blutgefäss-Anhäufungen zu benutzen! Oder ein Ausschnitt der blauen Iris ist braun. Oder die Iris des einen Auges ist braun geworden, die des andren blau oder grau geblieben.[4])

Der letztgenannte Zustand bildet eine starke und unheilbare Entstellung, die dem Träger und seinen Angehörigen auf keinen Fall entgehen kann. Somit ist die, so zu sagen, angeborene Verschie-

---

1) Die sonderbaren Ansichten der Alten über die Farbe der Augen kann man bei Galen (v. d. ärztl. Kunst, c. 5, Band I, S. 329) oder in m. Gesch. d. Augenheilk. i. A., S. 363, nachlesen.

2) Im 5. Buch von der Zeugung d. Thiere, Ausg. der Berl. Acad. I. 779 A. Vgl. m. Gesch. d. Augenheilk. i A., S. 90.

3) Neger hat Aristoteles nicht berücksichtigt. — Verlässliches über die Augen neugeborener Neger-Kinder konnte ich bisher nicht erfahren, obwohl ich mehrere meiner Zuhörer aus dem südlichen Theil der Vereinigten Staaten auf diese Untersuchung hingewiesen habe.

4) Von Aristoteles werden diese Menschen ἑτερόγλαυκοι genannt, d. h. auf dem einen Auge blau. (*Ζγ*, 1, 779[b], 4, 6; 780[b], 2.) — Die Aerzte bezeichnen dies (seit dem vorigen Jahrhundert) irrig als Heterophthalmus. Denn bei den Griechen war ἑτερόφθαλμος = des einen Auges beraubt.

denheit in der Färbung beider Augen von der erworbenen schon durch die Kranken-Befragung aus einander zu halten.

Die erworbene Verfärbung einer Regenbogenhaut ist ein Zeichen von der allergrössten Wichtigkeit. Es ist doch thatsächlich, sowohl Andren wie mir selber, geglückt, durch richtige Auffassung einer Verfärbung der einen Regenbogenhaut Muth zum Aufschneiden des Augapfels zu schöpfen und einen verderblichen Eisensplitter glücklich zu entfernen: natürlich geschah dies vor Einführung des Sideroskops und des Röntgen-Bildes, die heutzutage unsre Diagnose so wesentlich unterstützen.

Man hat[1] die diagnostische Verwerthung der Iris-Verfärbung für bedenklich erklärt, da grünlich-gelbliche Verfärbung bei inneren Blutungen nicht selten, und dieselbe grünlich-gelbliche Verfärbung bei Eisensplittern im Auge mehrfach beobachtet sei und häufiger erscheine, als die rostbraune[2] Verfärbung.

Ich[3] kann mich dieser Ansicht nicht anschliessen.

A. In seltenen Fällen bleibt die Verrostung aus.[4] Für gewöhnlich aber kommt es, wenn ein Splitter von merklicher Grösse im Augen-Innern haftet, ja sogar bei solchen von nur 1 Mgr. Gewicht,[5] zu einer ganz eigenartigen, schmutzig-dunkelbraunen Rostfärbung der Regenbogenhaut, welche auch dann noch auffällt, wenn das Auge ursprünglich braun gewesen; aber der erste Blick entscheidet, wenn es sich um ein ursprünglich blaues Auge handelt.

Fig. 1 des Titel-Bildes zeigt das rechte Auge eines 43jährigen Schlossers, 7 Monate nach der durchbohrenden Verletzung; und zum Vergleich die Iris des gesunden Auges. (April 1894.) Gérard's Sideroskop ist negativ, der Augenspiegel gleichfalls. Iridectomie nach unten, Einführung meines kleinen Magneten, der den Splitter von 15 Mgr. Gewicht herausbefördert. Nach $5\frac{1}{2}$ Jahren ist die Regenbogenhaut rostbraun, wie zuvor; die Sehkraft sogar schlechter. (+ 12 *D* Finger 4′, G. F. allseitig eingeengt.)

---

1) Arch. f. O. XL, 1, S. 123—179; C.-Bl. f. A. 1894, S. 176—180.

2) Die Verrostung des Auges durch eingedrungene Eisensplitter wird neuerdings Siderosis bulbi genannt. Doch heisst *σιδήρωσις* der Eisen-Beschlag. Denjenigen, welche deutsch nicht reden mögen, empfehle ich *σιδηρ-ίωσις* von *σίδηρος*, Eisen, und *ἴωσις*, Verrostung.

3) C.-Bl. f. A. 1896, Sept.-Heft.

4) Magnet-Operation, 1899, S. 25.

5) Letzthin habe ich einen Splitter von nur 0,45 Mgr. Gewicht aus der Netzhaut erfolgreich herausgezogen, ein Jahr nach dem Eindringen. Es bestand Verrostung. Möglich ist es, dass der Splitter beim Eindringen etwas mehr gewogen hatte. — Nur selten wird, nach Entfernung des Splitters, die Rostfärbung der Iris allmählich wieder vermindert.

B. Im Gegensatz zu der braunen Verrostung wird bei der Durchblutung des Augen-Innern die blaue Regenbogenhaut grünlich. Fig. 2 des Titel-Bildes stammt von einem 59j. mit diabetischer Netzhaut-Blutung, die in den Glaskörper vordringt. Am 10. Jan. 1893 zeigte das linke Auge $S = 1 / \infty$ und eine mächtige Glaskörper-Blutung. Am 1. Juni 1894 ist die linke Iris grün, nach über zweijährigem Bestand der Blutung in's Augen-Innere. (Blutflocken im Glaskörper, Netzhaut-Mitte weisslich, Peripherie mit Blut bedeckt, davor bläuliche Masse.)

C. Noch interessanter sind die Fälle, wo die grünliche Blutfärbung im Laufe der Zeit wieder schwindet. Denn neben dem Unterschied im Farben-Ton ist noch ein zweiter im Verlauf festzustellen: Rost-Färbung bleibt gewöhnlich, Blut-Färbung schwindet.

Ein 28jähr. Forstgehilfe, dessen rechtes Auge 8 Tage zuvor durch Platzen einer Messing-Patrone verletzt worden, kam 24. August 1894; sofort wurde von meinem Ass. Dr. Kuthe ein verbogenes Messing-Stück von 10 $\times$ 10 Mm. aus dem Glaskörper glücklich ausgezogen. Fig. 3 des T.-B. zeigt die hell-blaue Regenbogenhaut des gesunden linken und die saft-grüne des rechten, am 27. Sept. 1894, also 34 Tage nach der Verletzung. Am 9. März 1895 zählt das Auge Finger in 18″; die Regenbogenhaut ist jetzt fast wieder so blau, wie die gesunde.

D. Gegenüber der braunen Iris-Verfärbung durch Rost und der grünen durch Blut giebt es noch eine gelbliche, durch entzündliche Entartung.

Fig. 4 des T.-B. betrifft einen 27j., dessen rechtes Auge seit dem 10. Jahre sehschwach, seit dem 13. stockblind. Es besteht Iris-Schlottern; Schrumpfung, Trübung, Verschiebung der Linse; Netzhaut-Ablösung und Entartung. Die Iris des linken, gesunden Auges ist blau, ihr kleiner Kreis gelblich; die des rechten, blinden ist gelb mit einem Stich in's grünliche.

Durchscheinend wird die Regenbogenhaut in farblosen (albinotischen) Augen, und zwar soweit, dass sie bei der Durchleuchtung mit dem Spiegel ein Schattenbild der Erhebungen ihrer Vorderfläche, ferner den kreisrunden (dunkel erscheinenden) Linsen-Rand und die Fortsätze des Strahlenkörpers erkennen lässt.

Die letzteren beiden Gebilde sind für gewöhnlich, d. h. bei pigmenthaltiger Regenbogenhaut, nur dann bequem wahrnehmbar, wenn entweder 1. ein angeborener Spalt der Regenbogenhaut bis zur Peripherie vorhanden, oder 2. wenn ein künstlicher Spalt (Iridectomie) gemacht, oder 3. wenn die Regenbogenhaut vom Strahlen-Bande abgelöst ist.

Sehr wichtig wird der Augenspiegel, um ein Loch im Gewebe der Regenbogenhaut festzustellen.

Wir untersuchen einen Fall von frischer Verletzung, z. B. von Erschütterung des Auges, erblicken eine dunkle Stelle in dem Umkreis der Regenbogenhaut, glauben einen Blut-Erguss zu sehen, welcher thatsächlich dabei oft genug vorkommt: aber ein Blick mit dem Augenspiegel zeigt, dass die dunkle Stelle roth schimmert; es ist eine Ablösung der Regenbogenhaut vom Strahlenkörper.

In einem andren Falle von frischer Verletzung des Auges (bei einem Schmied) glaubt man einen Eisensplitter in der Regenbogenhaut zu erblicken. Aber der schwarze Fleck ist ein Loch in der Regenbogenhaut. Der Splitter hat diese, die Linse und den Glaskörper durchschlagen und sitzt fest in der Netzhaut.

Wir untersuchen bei einem jungen Menschen ein durch frühere Verletzung schwachsichtiges Auge: die Hornhaut ist klar, die Pupille verschlossen, ein schwarzer Fleck erscheint inmitten der Iris-Breite, der Augenspiegel zeigt rothen Glanz in diesem Fleck. Es ist eine Durchbohrung. Durch seitliche Beleuchtung finden wir auch eine kleine umschriebene Hornhaut-Narbe und wissen nunmehr, dass von der Behinderung des Licht-Einfalles nicht der ganze Betrag der Sehstörung abhängen kann. So gewinnen wir wichtige Fingerzeige für unser Handeln, in Fällen, wo unsre Vorfahren, selbst bei grosser chirurgischer Bildung, im Dunklen tappten.

Man will wegen Pupillen-Sperre nach Regenbogenhaut-Entzündung eine künstliche Pupille bilden; und wirft mit dem Augenspiegel einen Lichtstrahlen-Kegel auf das Pupillen-Gebiet und findet zu seiner Ueberraschung einen ganzen Quadranten der Regenbogenhaut grau-röthlich schimmern in Folge von Verdünnung des Gewebes: jetzt weiss man sofort, dass an dieser Stelle eine regelrechte Ausschneidung der Regenbogenhaut unmöglich ist. Ein Kranker kommt, bei welchem eine Pupillen-Bildung zu besserem Licht-Einfall gemacht ist; die künstliche Pupille erscheint schwarz, wie eine gesunde, — aber trotzdem sieht das Auge fast nichts: der Augenspiegel zeigt, dass die neue Pupille für Licht eben doch nicht durchgängig ist. Die seitliche Beleuchtung leistet wichtige Hilfe; sie enthüllt im Gebiet der künstlichen Pupille eine sammt-artige, tief-braune Lage, welche zusammenhängend die vordere Linsen-Kapsel überzieht: es ist die bei der Operation zurückgebliebene Pigment-Lage der Regenbogenhaut. Die schiefe Beleuchtung zeigt gleichfalls das Durchscheinen verdünnter Stellen der Regenbogenhaut auf das allerdeutlichste, wenn die Spitze des Licht-Kegels dicht hinter die Iris verlegt wird: wir untersuchen dann bei durchfallendem

Licht, wobei geringe Veränderungen, wie genügend bekannt ist, sehr deutlich hervortreten.

Die seitliche Beleuchtung zeigt uns jede Verwachsung des Pupillen-Randes mit der Linse (als bräunlichen Zacken) und enthüllt uns ihre Unterschiede gegenüber den Fäden der ausdauernden Pupillar-Membran,[1] welche stets von der Vorderfläche[2] der Regenbogenhaut aus ihrem Gewebe entspringen (Fig. 58), und gegenüber den kleinen angeborenen Pigment-Wülstchen und -Beutelchen des Pupillen-Randes, die beim Menschen selten und sparsam, beim Pferde regelmässig und zu mächtigen Trauben entwickelt vorkommen.[3]) Jede Veränderung des kreisförmigen Pupillen-Randes tritt bei der ophthalmoskopischen Durchleuchtung ganz klar zu Tage: insbesondere auch die kleinen Einrisse,[4]) welche nach Erschütterung des Augapfels so häufig sind und nach meinen Erfahrungen die wirkliche Ursache der nach Verletzung dauernd zurückbleibenden Pupillen-Erweiterung[a]) darstellen.



Fig. 58.

a) Mydriasis traumatica.

Die gröberen Erzeugnisse der Regenbogenhaut-Entzündung, einer der allerwichtigsten Augenkrankheiten, erkennt man leicht vom blossen Auge, 1) mittelst der seitlichen Beleuchtung, welche die vorspringenden Zacken des Pupillen-Randes und die Ausschwitzungen darlegt; 2) mittelst der einfachen Durchleuchtung, welche sogar blosse Pigment-Punkte auf der Linsen-Kapsel deutlich macht. Aber die feineren Veränderungen enthüllt nur die Lupe.

1) Die entzündliche Verwachsung des Pupillen-Randes mit der Linsen-Kapsel (hintere Synechie) betheiligt entweder nur die Pigment-Lage der Regenbogenhaut allein, oder die Pigment-Lage mitsamt dem Stroma. Die Fäden der sogenannten Pupillar-Membran gehen hervor aus dem Stroma. Im Allgemeinen ist die Unterscheidung leicht und sicher. Wenn aber die Regenbogenhaut-Entzündung in der frühesten Jugend sich abspielte und umschrieben blieb; so kann man 30—40 Jahre später bläuliche Bindegewebs-Fäden vorfinden, die von dem Randtheil der Regenbogenhaut zu einem Punkt der Vorderkapsel hinziehen, bei enger Pupille schlaff, bei weiter gespannt sind, nur spärliche Pigmentkörner enthalten und von Ungeübteren für Reste der Pupillar-Membran angesehen werden.

2) Eine gute Anschauung dieser Verhältnisse liefert das junge Kätzchen. Davon gleich mehr.

3) Ectropium uveae congenitum, ἐκτρόπιον heisst Ausstülpung.

4) Ruptura sphincteris. Σφιγκτήρ, constrictor, Schliessmuskel, auch der Regenbogenhaut.

Mit + 20 *D* hinter dem Spiegel erkennt man, dass selbst bei runder, vollständig erweiterter Pupille das ganze Pupillen-Feld mit Hunderten allerfeinster Pünktchen (und verzweigter Fäserchen) wie besät ist; die mittleren schwinden zuerst bei der Besserung, während der Randgürtel noch länger bestehen bleibt; schliesslich schwindet auch dieser. Wir wollen die Erscheinung als staubförmige Trübung in der Pupille oder als Pupillen-Staub bezeichnen.[1])

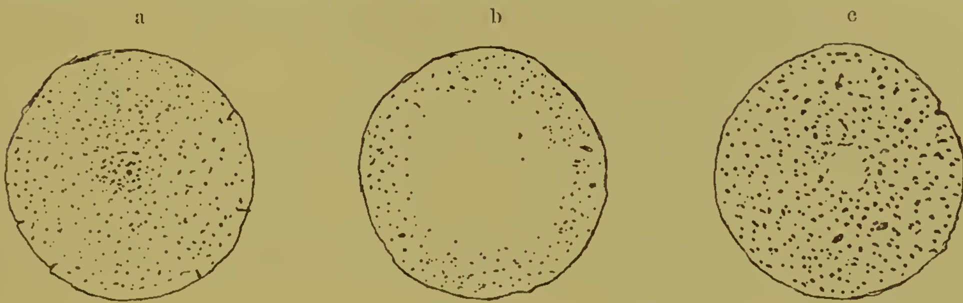


Fig. 59.

Fig. 59a zeigt das rechte Pupillen-Feld eines 28 jähr., der Januar 1893 ($2^1/_2$ Jahr nach der Ansteckung) von einer Regenbogenhaut-Entzündung des rechten Auges heimgesucht, Anfang April d. J. gänzlich geheilt, Anfang Sept. d. J. von einem Rückfall betroffen worden war: dem mit + 20 *D* hinter dem Spiegel bewaffneten Beobachter erscheint die nach Einträuflung von Atropin und Cocain maximal weite, runde Pupille (18. IX. 93) mit feinsten linienförmigen Andeutungen von hinteren Verwachsungen und ganz und gar besät mit feinsten Punkten, die in dem Mittel-Bezirk dichter gedrängt sind. (Augengrund normal. Mit + 6″ Sn 3 in 7″.) Die Einträuflungen nebst Hg-Anwendung führten rasch Besserung herbei.

Fig. 59b giebt das Bild vom 3. X. 93; 23. X. 93 sind nur noch vereinzelte Pünktchen im Pupillenfelde sichtbar. — 25. I. 94 kehrt er zurück mit der Angabe, dass er seit 8 Tagen wiederum Schmerzen im Auge bei der Arbeit verspüre. Das Auge ist nicht geröthet, ein Tropfen Atropin bewirkt stärkste Erweiterung der kreis-runden Pupille: aber frische Punkte in dem unteren Randgürtel der Pupille und von da bis in die Mitte hinein beweisen den Rückfall. Je frühzeitiger der letztere erkannt wird, desto rascher und sicherer ist er zu bekämpfen.

Fig. 59c zeigt die r. Pupille eines 51 jähr., der 1 Jahr nach der Ansteckung von der Regenbogenhaut-Entzündung heimgesucht und seit 8 Tagen kräftig mit Atropin-Einträuflungen (und mit Quecksilber-Einreibungen) behandelt worden. Das Bild ist gleichfalls mit + 20 *D* hinter dem Spiegel gewonnen.

---

1) Burchardt (Ein neues Erkennungszeichen der Regenbogenhaut-Entzündung, Charité-Annalen 1891, S. 597, C.-Bl. f. A. 1891, S. 475) hat die Erscheinung als feinen, über das ganze Pupillen-Gebiet unregelmässig zerstreuten Staub auf der Linsenkapsel beschrieben. Ich kenne die Erscheinung, so lange ich den Lupen-Spiegel anwende.

Nur die Mitte der Pupille ist frei von den Punkten, die meist ganz fein sind; doch kommen auch einzelne gröbere vor.

Ein zweiter Gegenstand, der für die Erkenntniss zarter Regenbogenhaut-Entzündung von Wichtigkeit erscheint, ist die Erhebung der Iris-Vorderfläche. Der angehende Arzt muss erst das normale Bild vom blossen Auge und mit der Lupe sorgfältig studiren. Dann wird er leicht erkennen, wie bei den entzündlichen Veränderungen die radiären Leistchen aufquellen, so dass die Vorderfläche der Regenbogenhaut glätter und gleichförmiger aussieht, wobei ihre Grübchen sich verkleinern.

Gelegentlich aber werden diese Grübchen erweitert und vermehrt, wenn graue Knötchen in der Regenbogenhaut sich bilden und nach ihrer Auflösung Vertiefungen hinterlassen. (Vgl. Fig. 60, von Herrn Dr. Scheidemann gezeichnet; die Punkte vor der Pupille sitzen in der Hornhaut.[1])

Eine 37jähr. kam 1889 mit Irit. recurr. o. d. (S = $^{1}/_{5}$) und kehrte wieder 13. XII. 93 mit Erblindung des rechten Auges, das gröbere Hornhaut-Punkte und

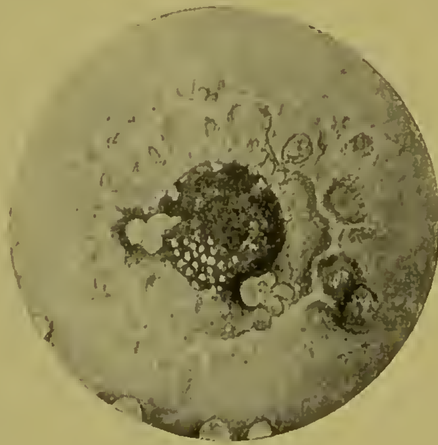


Fig. 60.

zahlreichste graue Knötchen in der Regenbogenhaut zeigte, dazu Verwachsungen des Pupillen-Randes. Endlich auch ein Knötchen im Limbus. Links normal. Lungen gesund. Keine Lues. 6. III. 94 sind die Iris-Knötchen theils abgeflacht, theils geschwunden. Allmählich bildeten sich rings um die Pupille in der Iris grössere und kleinere Grübchen, deren Grund von groben Stroma-Maschen ausgefüllt wird. 17. IX. 95 links einfache Iritis (S = $^{5}/_{6}$), rechts buckelförmige Entartung der Iris. 4. IV. 99. R Pupillensperre, Iris vorgebuckelt

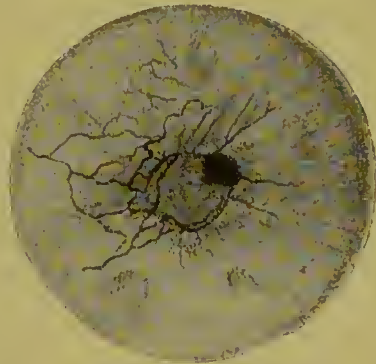
1) Das Wesen dieser Krankheit scheint mir noch nicht genügend aufgeklärt; es ist fraglich, ob sie als „abgeschwächte Tuberkulose“ aufzufassen sei.

buckelt, theilweise mit der hinteren Hornhaut-Fläche verklebt, Linse getrübt, T +. L. einfache Iritis geringen Grades, S = $^{5}/_{5}$.

Den dritten Gegenstand unsrer Betrachtung bilden die Blutgefässe der Regenbogenhaut. Im normalen Menschen-Auge vermag man auch mit der Lupe keine Blutgefässe der Iris zu erkennen. Aber bei Entzündung der Regenbogenhaut werden sie deutlich; sie sind eines der sichersten Zeichen dieser Entzündung, auch schon im ersten Beginn,[1] noch ehe der Pupillen-Rand Unregelmässigkeiten erkennen lässt.

Zahlreiche speichenförmige Blutgefässe in der Regenbogenhaut sieht man bei Drucksteigerung. Besonders breite Blut-Adern mit seltsamen Verzweigungen findet man in der Regenbogenhaut solcher Augen, deren Lichtschein schon seit Jahren durch Drucksteigerung erloschen ist, während die Trübung und Entartung der Hornhaut noch nicht so weit vorgeschritten ist, um die Betrachtung der Iris zu hindern.

Fig. 61 stammt von einem 78jähr., der in Folge von Asthma zuerst von blutiger Netzhaut-Entzündung auf dem linken Auge und bald danach von Druck-Steigerung (Glaucoma haemorrhagicum) heimgesucht wurde. Als das Auge unter Physostigmin-Einträuflung reizlos geworden, wurde die Figur entworfen.


Fig. 61.

Dass die syphilitischen Knötchen der Regenbogenhaut gefässreich sind, ist lange bekannt und z. B. von Sichel in seiner Iconographie schon vorzüglich abgebildet.[2]) Dagegen fand ich die frischen Lepra-Knötchen der Regenbogenhaut auch mit der Lupe milch-weiss. Ebenso werden Tuberkel der Regenbogenhaut recht bald gefässlos, weissgelb-käsig, obschon in ihrem ersten Beginn Gefäss-Bildung nicht vermisst wird. Diese Unterschiede können mit benutzt werden zur Diagnose, die ja allerdings auch hier, wie meistens, nicht rein mechanisch, sondern nur mit Berücksichtigung aller Zeichen sichergestellt werden kann.

---

1) Diesen hat man in der ärztlichen Sprache Iritis imminens genannt. Gar viele Kranke erhalten zusammenziehende Mittel, nicht blos von Anfängern, — während Einträuflungen von Atropin nützlicher wären. Nach einigen Tagen kommen die Kranken wieder und zeigen deutliche Verwachsungen der Regenbogenhaut mit der Linsen-Kapsel.

2) Taf. XIII, Fig. 4 u. 5.

a) Membrana pupillaris perseverans.

Gelegentlich kann auch die ausdauernde Pupillen-Haut[a] mit Gefäss-Bildung in der Regenbogenhaut verbunden sein. Fig. 62 stammt von einem 6jähr. mit bds. normaler S. Sogleich nach der Geburt hatte der Hausarzt bemerkt, dass die rechte Pupille enger ist, als die linke; und gefunden, dass die erstere nach Atropin-Einträuflung sich nicht erweitert. Wenn man die weisse Masse am äusseren-oberen Drittel der Pupille als Rest einer fötalen Regenbogenhaut-Entzündung auffassen will, so lässt sich das nicht widerlegen.

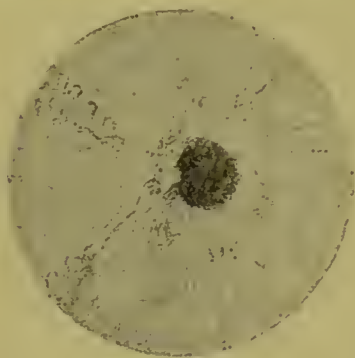


Fig. 62.

Uebrigens scheint mir, dass man in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts den Blutgefässen der Regenbogenhaut verhältnissmässig grössere Aufmerksamkeit geschenkt hat, als in unsren Tagen.[1])

Die Blutgefässe auf der Linsen-Kapsel

stammen aus der Regenbogenhaut und sollen darum an dieser Stelle berührt werden.

Die angeborenen der Pupillen-Haut sieht man bei dem jungen (einmonatlichen) Kätzchen:[2]) man erkennt mit der Lupe, dass ein kreisförmiges Blutgefäss in der Regenbogenhaut, nahe dem Rande des Sehlochs und mit dem letzteren gleichlaufend, einzelne speichenförmige Aestchen über den Rand der Pupille in das freie Gebiet der letzteren hineinsendet. Von diesen kurzen Aestchen gehen zarte Fädchen ab, die mehr dem Pupillenrand parallel ziehen und, mit den benachbarten sich vereinigend, Bögen bilden, welche in das Pupillengebiet hinein ragen. Genau dieselbe Form von Fäden habe ich auch beim Menschen gesehen, an den Resten der angeborenen Pupillen-Haut. Vgl. Fig. 63, S. 139. (Der Fall zeigt auch noch eine erworbene Gefäss-Bildung in der Hornhaut.)

Die erworbenen Blutgefässe auf der Linsen-Kapsel sind eine Folge von Regenbogenhaut-Entzündung. Am merkwürdigsten sind diejenigen, welche bei scheinbar klarer Vorderkapsel mit der Lupe (+ 20 *D*) hinter dem Augenspiegel beobachtet werden, wenn man grade auf den Pupillen-Rand einstellt. Bei einem etwa 21jähr. Fräulein

1) Die gröberen Veränderungen der Regenbogenhaut will ich nicht hier, sondern an einer späteren Stelle genauer besprechen.

2) Vgl. Hirschberg, das Auge des Kätzchens, C.-Bl. f. A. 1891, S. 390.

mit chronisch tuberculöser Entzündung des rechten Augapfels sah ich — neben punktirter Rand-Keratitis, hinteren Verwachsungen und Glas-

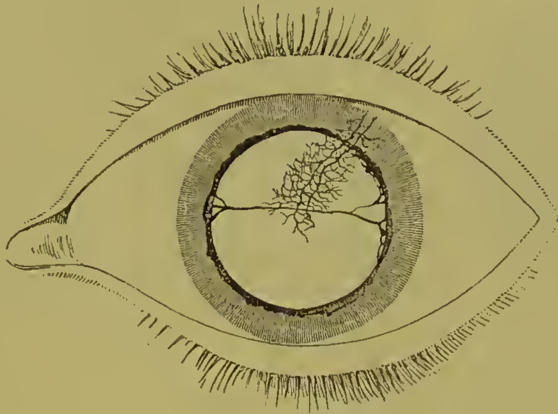


Fig. 63.

körper-Trübungen — auf der Linsen-Kapsel drei zarte, speichenförmig bis gegen den Mittelpunkt des Sehlochs vordringende, baumartig verästelte Blutgefässe, die als dunkle Linien in dem rothen Beleuchtungsfeld erscheinen und auch, wenn gleich weniger vollständig, bei seitlicher Beleuchtung mit der Hartnack'schen Lupe wahrgenommen werden konnten.

Das letztgenannte Verfahren ist das leistungsfähigere, wenn die Gefäss-Bildung etwas gröber geworden; dann wird auch das Zwischengewebe, eine bindesubstanz-artige Auflagerung auf der vorderen Linsen-Kapsel, deutlicher. So sah ich es gelegentlich bei Iridocyclitis, welche nach Erschütterung des Augapfels und Iris-Ablösung folgte; etwas häufiger bei alter metastatischer Iridochoroïditis; endlich auch bei sympathischer Iridocyclitis.

Ein 47jähr. Ausländer war in seiner Heimath Anfang Sept. 1898 auf dem r. Auge extrahirt worden. Das Auge ging zu Grunde. Im Nov. 98 wurde das l. von sympathischer Entzündung ergriffen. Jan. 99 wurde das r. enucleirt. Am 10. IV. 99 kam er zu mir. Das l. Auge war geröthet, gespannt; Hornhaut lupen-rein; V. K. fehlt fast ganz; Iris entartet, Linse trüb. Von den zahlreichen speichenförmigen Blutgefässen der Iris dringen allenthalben schlingenförmige Fortsetzungen in die Pupillen-Ebene über die Linsen-Kapsel vor und lassen nur deren Mitte frei. — 9. IX. 99 ist die Gefäss-Bildung in der Iris geringer, die auf der Vorder-Kapsel fast nur noch capillar, mit der Lupe soeben noch zu erkennen. Nach einigen Monaten ist nichts mehr davon zu sehen.

Eine 23jähr., auf dem r. Auge seit mehreren Jahren durch kurzsichtige Netzhaut-Ablösung stockblind, kommt seit Monaten immer wieder, da sie durch die Schmerzen des Secundär-Glaucom unablässig gepeinigt wird, und bittet um Entfernung des Augapfels. Der letztere ist stark gereizt, mit rauchiger Hornhaut, die von einem Medusen-Haupt erweiterter Bindehaut-

Gefässe umgeben ist, mit zackiger Pupille, trüber Linse, Blutgefässen der Iris, welche in die Pupille auf die Linsen-Kapsel vordringen und schlingenförmig umbiegend nach der Iris zurückkehren. (Fig. 64.) Enucleation. Im mikroskopischen Schnitt sieht man auf der verdünnten Regenbogenhaut eine bindegewebige Auflagerung, die über die Pupille sich vorschiebt und die getrübte Linse bedeckt. In der hinteren Grenzschicht dieser Auflagerung finden sich die Blutgefässe. Sie sind dünnwandig und mit Blutkörperchen gefüllt. Hie und da ist Uebergang in die reichlichen Iris-Gefässe nachweisbar.



Fig. 64.

18. Untersuchung der Krystall-Linse.

Zuvörderst muss man das normale Verhalten der Krystall-Linse kennen lernen. Das Erste sind die Spiegel-Bilder, welche Purkinje in Breslau 1825 entdeckt und Canstatt in Deutschland bereits 1830, Sanson in Frankreich 1857 diagnostisch verwerthet hat. Durch die Erfindung des Augenspiegels ist ihre Bedeutung allerdings herabgesetzt; doch verdienen sie nicht die Missachtung, welche die heutige Heilkunde ihnen angedeihen lässt.

Die Vorderfläche der (bei ruhender Accommodation abgeflachten) Krystall-Linse stellt einen erhabenen Spiegel dar, mit einem Krümmungs-Halbmesser von etwa 10 Mm.; die Hinterfläche der Krystall-Linse einen Hohlspiegel mit einem Krümmungs-Halbmesser von etwa 6 Mm.

Ein erhabener Spiegel[1)] entwirft von wirklichen und, im Verhältniss zu seiner Brennweite, weit abstehenden Gegenständen verkleinerte, aufrechte (d. h. nur angenommene,[2)] nicht auffangbare) Bilder in der Nähe der Haupt-Brenn-Ebene, welche bekanntermaassen in der Mitte zwischen dem Scheitel des Spiegels und seinem Krümmungs-Mittelpunkt, hier also 5 Mm. hinter der Vorderfläche der Linse gelegen ist. Ein Hohlspiegel[3)] entwirft von einem entfernten Gegenstand ein verkleinertes umgekehrtes, also wirkliches Bild in der Nähe seiner Haupt-Brenn-Ebene; hier also 3 Mm. vor der Hinterfläche der Linse.

---

1) Th. I, S. 196.

2) Virtuelle Bilder im Gegensatz zu den reellen. Virtuel, qui est seulement en puissance et sans effet actuel. (Dict. de l'Académie française.)

3) Th. I., S. 195.

Um die Spiegel-Bilder, welche die Krystall-Linse von einer Licht-Flamme entwirft, bequem zu beobachten, muss man die letztere um etliche Zoll von dem untersuchten Auge entfernen, nach der einen Seite hin, z. B. nach rechts; und selber von der entgegengesetzten Seite, also von links her, in jenes Auge hineinblicken. Nur bei dieser Versuchs-Anordnung, d. h. bei schiefem Licht-Einfall, löst sich das Spiegel-Bild der vorderen Linsen-Fläche von dem der vorderen Hornhaut-Fläche, während bei mehr senkrechtem Licht-Einfall diese beiden Bilder gewissermaassen an einander haften.

Es sei *a* die Lichtquelle, eine Kerzen-Flamme, *ab* ein dünnes Strahlenbündel, welches auf die Hornhaut fällt und, bei *b* gespiegelt,

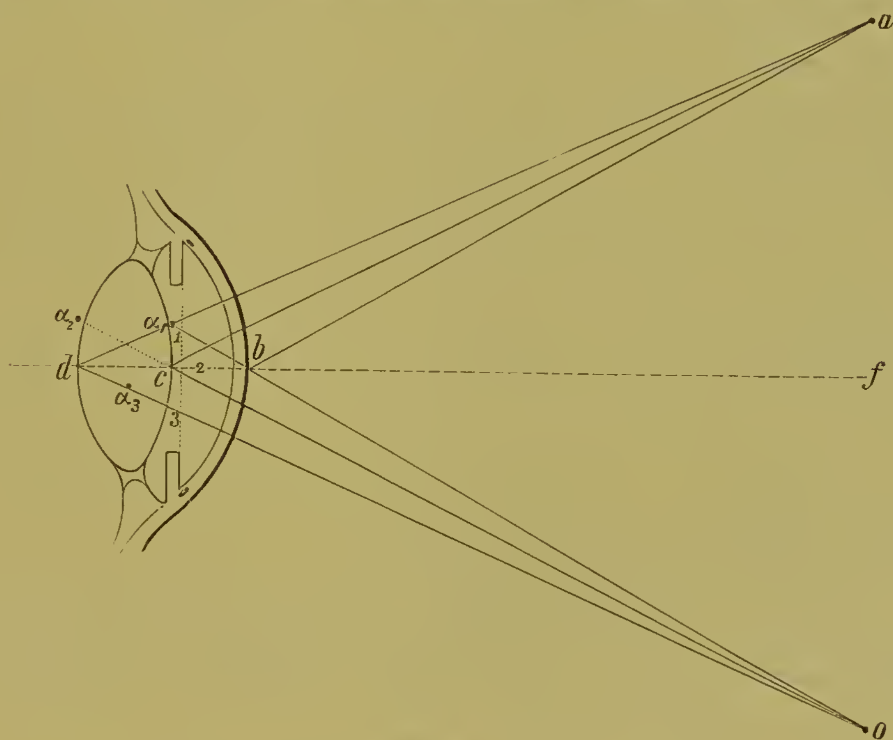


Fig. 65.

in Richtung von *bo* in das beobachtende Auge *o* gelangt. Das letztere erblickt in der Richtung $b\alpha_1$ das von der Hornhaut gespiegelte Bild der Licht-Flamme. (Fig. 65.)

Der Einfachheit halber wollen wir annehmen, dass das untersuchte Auge centrirt sei,[1]) d. h. die Krümmungs-Mittelpunkte der Vorderfläche der Hornhaut, der Vorderfläche der Krystall-Linse und der Hinterfläche der letzteren auf der nämlichen Haupt-Achse *df* belegen sind. Befindet sich die Licht-Flamme in *a*, das Auge des Beobachters in *o*; so sind beide derart angebracht, dass ihre gradlinigen

1) Was ja in strengem Sinne nicht zutrifft.

Verbindungen mit demselben Achsen-Punkt gleiche Winkel mit der Achse df bilden, d. h. $\angle\, abf = \angle\, obf$,
$\angle\, acf = \angle\, ocf$,
$\angle\, adf = \angle\, odf$.

Deshalb gelangen die schmalen Strahlenbündel *ab*, *ac*, *ad*. nachdem sie an den drei genannten Flächen (bei *b*. *c*, *d*) zurückgeworfen sind, in das beobachtende Auge.[1]) Dem letzteren erscheint das Spiegel-Bild von der Hornhaut in der Richtung *ob* bei α_1; das Spiegel-Bild von der vorderen Linsenfläche in der Richtung *oc* bei α_2, das Spiegel-Bild von der hinteren Linsenfläche in der Richtung *od* bei α_3: auf die Pupillen-Ebene projicirt, erscheinen die drei Bilder bei 1. 2, 3. Die Pupille darf nicht zu eng sein, damit alle drei Bilder gesehen werden.

Die beiden ersten Bilder α_1 und α_2 sind aufrecht; und α_1 ist kleiner als α_2, da der Krümmungs-Halbmesser der Hornhaut kürzer ist, als der der Linsen-Vorderfläche, etwa im Verhältniss von 8 : 10.

Das Bild α_1 ist licht-stärker als α_2, da der Unterschied der Brechungs-Zahl weit grösser ist beim Uebergang von Licht aus der Luft in die Hornhaut (1,3—1,0 = 0,3), als bei dem von Kammer-Wasser in Linsen-Substanz (1,4—1,3 = 0,1); und weil die Hornhaut-Krümmung stärker ist, als die der Linsen-Vorderfläche. Das Bild α_3 ist verkehrt und licht-stärker, als α_2, da der Hohl-Spiegel der Linsen-Hinterfläche das Licht sammelt, und seine Krümmung stärker ist, als die des erhabenen Spiegels der Linsen-Vorderfläche.

Wird die Licht-Flamme gegen die Haupt-Achse hin verschoben (von *a* gegen *f*), so verschieben sich α_1 und α_2 in gleicher. α_3 in entgegengesetzter Richtung, bis bei nahezu senkrechtem Lichteinfall alle drei dicht an einander liegen.[2])

---

1) Das Bündel *ac* erleidet durch die Brechung an der Hornhaut eine leichte Knickung; das Bündel *ad* eine doppelte, durch Brechung an der Hornhaut und an der Linsen-Vorderfläche: aber die ganz gleichartige Knickung erleiden auch die gespiegelten Strahlenbündel *co* und *do* beim Austritt aus dem untersuchten Auge. Der Winkel *abf* sei etwa der dritte Theil eines rechten. (Vgl. übrigens Donders, Acc. u. Refr., 1866, S. 13.)

2) Eine einfache Anschauung von diesen Verhältnissen kann man sich verschaffen, bezüglich α_2 und α_3, wenn man eine Glas-Linse nimmt, (+2″ aus dem Augenspiegel oder eine breitere, ein sogenanntes Lese-Glas,) die Lichtflamme ihm vorhält, dieselbe von der Seite her nach der Haupt-Achse hin bewegt und dabei ihre beiden Spiegelbilder beobachtet: das aufrechte. welches von der erhabenen Vorderfläche, das umgekehrte, welches von der hohlen Hinterfläche der Glas-Linse entworfen wird.

Die Spiegel-Bilder der Krystall-Linse wurden von Canstatt und später von Sanson zu wichtigen Schlussfolgerungen benutzt, welche Rüte (1845)[1] so ausgesprochen hat: Ist die vordere Kapselwand verdunkelt, so sieht man nur das erste aufrechte Bild; ist die Linse oder die hintere Kapselwand verdunkelt, so sieht man nur die beiden aufrechten Bilder; dagegen alle 3 Bilder, wenn die Trübung im Glaskörper liegt.

Heutzutage werden diese Spiegel-Bilder gewöhnlich mittelst der seitlichen Beleuchtung entworfen. Hierdurch hat man es in seiner Gewalt, bei feststehender Licht-Flamme und ruhiger Haltung des untersuchten Auges durch allmähliche Annäherung der Beleuchtungs-Linse die 3 Spiegel-Bilder nach einander sich zur bequemen Anschauung zu bringen. Immerhin ist der alte Versuch mit der Lichtflamme gleichfalls sehr lehrreich und empfehlenswerth. Erzeugt man die Reflexe mit dem Augenspiegel, so kann man wohl das entgegengesetzte Wandern von α_2 und α_3 wahrnehmen; aber nicht erkennen, dass α_2 aufrecht, α_3 verkehrt ist, da man meist nur die kreisförmigen Spiegel-Bilder des rund-begrenzten Augenspiegels wahrnimmt.

Das hintere Linsen-Bildchen sieht man recht deutlich, wenn man den Augenspiegel (von kurzer Brennweite) seitlich an seine Schläfe legt und so das Licht auf das zu untersuchende Auge zurückwirft; oder, wenn man bei gewöhnlicher Haltung des Spiegels etwas seitlich durch das Loch blickt. (E. Berlin.)[2]

Sind die beiden Linsen-Bildchen vorhanden, namentlich das vordere, so muss die Krystall-Linse im Pupillen-Gebiet liegen. Fehlen die Linsen-Bildchen bei durchleuchtbarem Pupillen-Gebiet, so fehlt die Linse an ihrem natürlichen Platze:[3] sei es, dass sie in die Tiefe des Glaskörpers versenkt; sei es, dass sie ausgetreten oder aufgelöst ist.

Diese Diagnose ist sehr wichtig, aber nicht immer so leicht, wie der Anfänger glauben möchte; namentlich dann nicht, wenn die Pupille sehr eng und durch Atropin nicht zu erweitern ist.[4])

Ist das hintere Linsen-Bildchen verstärkt, so besteht eine Trübung an oder hinter der hinteren Lin-

1) Lehrb. d. Ophthalmologie, Braunschweig 1845, S. 28.

2) Atti d. R. Ac. d. sc. med. d. Palermo, 1898.

3) Es besteht Aphakie. (Von ἀ- und φακός, Linse.)

4) Unterstützt wird diese Annahme der Aphakie durch die Gläser-Probe in denjenigen Fällen, wo die Sehkraft des Auges noch ausreicht: wenn eine gläserne Ersatz-Linse von + 3″ Brennweite vorgesetzt wird, erkennt das linsen-lose Auge die Zahl der Finger in grösserer Entfernung; das gesunde hingegen in geringerer, als vorher.

sen-Fläche. Es ist genau derselbe Fall, wie wenn durch einen Zinn- oder Silber-Belag die Spiegelung eines ebenen oder kugelförmigen Glases verstärkt wird. Ist das hintere Linsen-Bildchen trübe und röthlich, so besteht leichte, aber diffuse Trübung der Krystall-Linse. Einige trübe Mittel lassen hauptsächlich die rothen Strahlen durch und werfen die blauen zurück. So erscheint die im Nebel aufgehende Sonne röthlich, vermöge der durchgelassenen Strahlen; und das scheinbare Himmels-Gewölbe bei klarem Wetter blau, vermöge der an den kleinsten Theilchen des Luftkreises zurückgeworfenen Strahlen.

Das Verschwinden des hinteren Linsen-Spiegelbildchens bedeutet stärkere Trübung des Linsen-Körpers. Dies wurde, wie erwähnt, schon vor der Erfindung des Augenspiegels von Canstatt und Rüte verwerthet. Bei dem gewöhnlichen grauen Star (Trübung des Linsen-Körpers) ist die Krankheit ja recht leicht zu erkennen, und jenes Zeichen überflüssig; es wird aber wichtig für gewisse seltnere Fälle von brauner Linsen-Trübung,[1]) wo das Pupillen-Gebiet dem unbewaffneten Auge nahezu normal und nicht grauweiss erscheint, und trotzdem mit dem Augenspiegel nicht zu durchleuchten ist. Auch bei vollständiger Durchblutung des Glaskörpers bleibt die Pupille schwarz, mittelst des Augenspiegels nicht durchleuchtbar; das Vorhandensein der beiden Linsen-Reflexe trägt wesentlich zur Diagnose bei.

Ist das vordere Linsen-Bildchen verstärkt, so besteht ein spiegelnder Belag hinter der vorderen Linsenfläche; d. h. unter der glatten Oberfläche der vorderen Linsen-Kapsel ist trübe Substanz vorhanden. Ist aber die Vorderkapsel selber verändert, verdickt und namentlich gefaltet; so wird der vordere Linsen-Reflex an der entsprechenden Stelle matt und unregelmässig. Bei beginnender Kern-Verdichtung ist das vordere Bild verdoppelt.[2])

Immer muss man die Menge des von der Linse zurückgeworfenen und des von ihr durchgelassenen Lichtes mit einander vergleichen, d. h. sowohl die seitliche Beleuchtung als auch die Durchleuchtung mittelst des Spiegels anwenden, wenn man ein Urtheil über die optische Beschaffenheit, d. h. über die Durchsichtigkeit der Krystall-Linse abgeben will.

---

1) *Cataracta nigra.*

2) E. Berlin, a. a. O.

Anfänger lassen sich durch den greisen Linsen-Reflex leicht täuschen und nehmen Linsen-Trübung an, wo keine vorhanden ist. Die normale Linse der Greise ist optisch dichter, wirft also mehr Licht zurück; sie wird auch leicht gelblich, fast bernstein-farben, ohne ihre Durchsichtigkeit zu verlieren. Ist noch dazu die Pupille weit, so kommt aus ihrem Gebiet ein grauer oder gelblicher Schimmer und weckt den Verdacht einer Linsen-Trübung. Dieser wird durch die seitliche Beleuchtung scheinbar verstärkt, da der vordere Linsen-Reflex bei der stärkeren Bestrahlung noch mehr hervortritt. Aber ein Blick mit dem Augenspiegel zeigt die (nöthigenfalls erweiterte) Pupille ganz durchsichtig und schützt uns vor den in der gewöhnlichen Praxis häufig begangenen Fehlern, entweder gesunden Greisen durch die falsche Annahme eines beginnenden Stars das Leben zu verbittern, oder gar ein ernstes Leiden in der Tiefe, z. B. Sehnerven-Aushöhlung durch Drucksteigerung, völlig zu übersehen.

Ein einfaches Beispiel wird die unter diesen Verhältnissen stattfindenden Licht-Spiegelungen klarlegen. (Vgl. Fig. 66.) Betrachten wir ein mit der

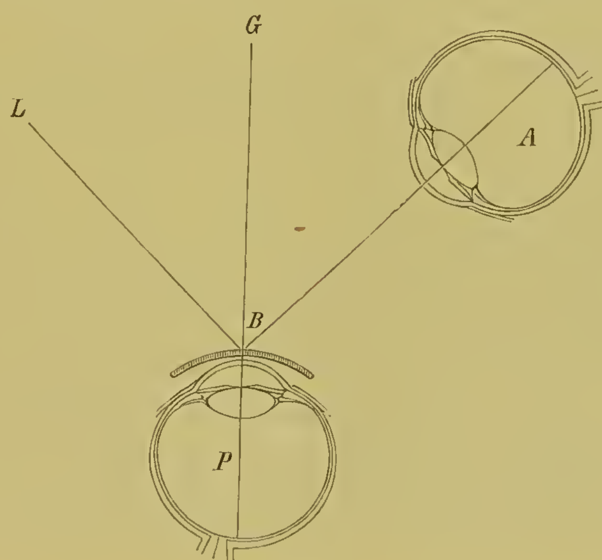


Fig. 66.

gewöhnlichen muschelförmigen, dunkel-blauen Schutzbrille bewaffnetes Auge (*P*) von der Seite her; es erscheint die Brille sehr dunkel und fast undurchgängig für Licht, der Arzt (*A*) sieht fast nichts von dem hinter der Brille befindlichen Auge (*P*). Dann gelangt eben in sein Auge wesentlich nur das seitlich oder schräge (von *L* her) einfallende Licht, von dem ein Theil (an der Hinterfläche des Muschel-Glases) zurückgeworfen, ein andrer durchgelassen wird. (Das von der Vorderfläche des Schutzglases zurückgeworfene Licht ist weiss. Von der Vorderfläche des beschatteten Auges *P* wird wenig Licht reflectirt.) Nichtsdestoweniger kann der Kranke (*P*) durch dieselbe Brille hindurch ganz gut grade-aus sehen, weil er dazu die lothrecht einfallenden Strahlen-

bündel (*G P*) benutzt, welche zum grössten Theil durchgelassen und nur zum geringsten Theil zurückgeworfen werden. Ebenso sieht der Arzt, wenn sein Auge in *G* steht, bei guter Beleuchtung das Auge des Kranken durch die Brille hindurch.

Ein andrer Hebel der Erkenntniss ist der Linsen-Rand. Derselbe ist, wie schon erwähnt, unter gesunden Verhältnissen an den pigment-haltigen Menschen-Augen nicht sichtbar, sondern hinter dem Umkreis der Regenbogenhaut verborgen.[1]) Er tritt bequem zu Tage unter den folgenden verschiedenen Verhältnissen:

1. Ist die Regenbogenhaut durchscheinend, bei albinotischer, pigmentloser Beschaffenheit des Auges; so erkennt man bei der Durchleuchtung der Pupille den zum Hornhaut-Rand concentrischen und ihm benachbarten Linsen-Rand als eine dunkle Kreislinie von etwa 10 Mm. Durchmesser.

Otto Becker[2]) fand diese dunkle Linie breiter nach örtlicher Anwendung von Physostigmin (Calabar) auf das untersuchte Auge und schmaler nach Einträuflung von Atropin-Lösung, was nur durch Abstumpfung des Linsen-Randes im ersten Falle und durch Zuschärfung desselben im zweiten Falle sich erklären lasse.

Ausnahmsweise, aber weniger genau und weniger ausgedehnt ist der Linsen-Rand zu erkennen bei krankhafter Verdünnung der Regenbogenhaut.

2. Ist eine genügende Ausschneidung der Regenbogenhaut bis zur Peripherie verrichtet worden, so kann man in dem Ausschnitt den freigelegten Theil des Linsen-Randes als Theil einer Kreislinie sehen, deren Krümmung ungefähr einem Durchmesser von 10 Mm. Länge entspricht. Ich wähle als Beispiel das rechte Auge einer 45 jährigen Frau, welche wegen chronisch-entzündlicher Drucksteigerung ($S = {}^5/_{20}$ mit + 1 *D*) mittelst der Iridectomie nach oben operirt und normal geheilt ist. (Mit — 1,5 *D*, $S = {}^5/_6$.) Blickt das operirte Auge ruhig grade aus, so erscheint dem Beobachter die Gesammt-Pupille roth bis gegen den

---

1) E. Jäger hat einen Fall abgebildet, wo er an einem gesunden Auge nach Atropinisirung sichtbar war. — O. Becker sah ihn einmal so bei Schicht-Star. Aber da ist die Linse verkleinert. Der Regel nach besteht beginnende Linsen-Verschiebung, wenn man in scheinbar gesunden Augen nach der künstlichen Pupillen-Erweiterung den Linsen-Rand wahrnimmt. Verhältnissmässig häufiger ist eine ganz leichte und lange Zeit ziemlich unveränderte Linsen-Verschiebung bei den höchsten Graden der Kurzsichtigkeit anzutreffen, bezw. durch künstliche Pupillen-Erweiterung (Homatropin-Einträuflung) nachzuweisen.

2) Donders, Acc. u. Refr., 1866, S. 25 und Wiener med. Jahrbücher 1863 u. 1864. Von 7 albinotischen zeigten ihm 4 das Durchschimmern des Linsen-Randes.

oberen Hornhaut-Saum; ein diesem anliegender Streifen von kaum 2 Mm. Breite erscheint heller roth und zeigt bei aufmerksamer Betrachtung das umgekehrte Bild von einzelnen Blutgefäss-Stückchen der Netzhaut: der Randtheil der durchsichtigen Krystall-Linse verleiht den austretenden Strahlen die Licht-Brechung eines stark kurzsichtigen Auges.[1])

Sowie das untersuchte Auge nach oben blickt, wird dem unbeweglich gebliebenen Auge des Beobachters der Linsen-Rand als eine schwarze Kreis-Linie[2]) zwischen den beiden Schenkeln des Iris-Ausschnitts sichtbar, während sowohl der schmale Zonular-Raum oberhalb der schwarzen Kreis-Linie, als auch unterhalb derselben das gesammte Pupillen-Gebiet roth leuchtet. Je weiter das untersuchte



Fig. 67.

Auge nach oben blickt, desto breiter wird die dunkle Linie. (Fig. 67a. War die Pupillen-Bildung nach unten angelegt, so wird der dunkle Linsen-Rand breiter, wenn das untersuchte Auge nach *unten* blickt.) Der Linsen-Rand erscheint im durchfallenden Licht dunkel, — *nicht*, wie man *früher* annahm, weil das vom Augen-Hintergrund zurückkehrende Licht an der vorderen Fläche der Linse in der Nähe ihres Randes *total reflectirt* wird; sondern, weil dieses Licht durch die nahe dem Aequator gelegenen Theile der Linse in *der Weise abgelenkt* wird, dass es nicht in das Spiegel-Loch gelangen kann, also dem durch dasselbe blickenden Untersucher nicht wahrnehmbar wird. (*Dimmer*.)[3]) Wird der sichtbare Theil des Linsen-Randes *seitlich* beleuchtet, so erscheint derselbe als eine *helle Kreislinie*.[4])

---

1) Für gewöhnlich *deckt das Oberlid* diesen Randstreifen der Linse; sonst müsste die Störung des Fern-Sehens nach der Pupillen-Bildung noch weit grösser sein, als sie in der That ist. Wenn man zwei Augen mit ungefähr gleicher Iridectomie, von denen das eine die Krystall-Linse besitzt, das andre nicht, im aufrechten Bilde untersucht; so wird man die Verzerrung des Netzhaut-Bildes bei dem ersteren weit stärker finden.

2) Bei alten Leuten ist die Regelmässigkeit der Kreis-Linie öfters etwas gestört, namentlich wenn wirklich beginnende Linsen-Trübung vorliegt.

3) A. f. O. XXXVIII, 4, 50.

4) A. v. *Graefe*, A. f. O. I, 1, 340.

manchmal rubin-roth durch das vom Augengrunde zurückgekehrte Licht gefärbt.[1])

Nur, wenn der Linsen-Rand erheblich zugeschärft ist, z. B. wenn nach Verletzung der (weichen, jugendlichen) Linse eine theilweise Aufsaugung stattgefunden hat, während ein breiter Rand-Theil derselben durchsichtig geblieben, erscheint bei seitlicher Beleuchtung die Rand-Linie silberglänzend.

Ist der Iris-Spalt angeboren,[2]) so gelingt es öfters die Fasern des Linsen-Aufhängebandes[3]) als äusserst feine, glashelle Stränge zwischen Linsen-Rand und den kleinen, dunklen Höckern der Fortsätze des Strahlen-Körpers wahrzunehmen, besonders mit + 20 *D* hinter dem Augenspiegel. (Vgl. Fig. 83, S. 161.) Gelegentlich erscheint in diesem (unten belegenen) Iris-Spalt der untere Linsen-Rand herzförmig d. h. nach unten zu sanft ausgehöhlt,[4]) wie mit einer rundlichen Kerbe versehen; ziemlich regelmässig ist aber bei diesem Bildungsfehler die Linse verkleinert, der Linsen-Rand höher gestellt.

3. Ist die Linse aus ihrer natürlichen Lage verschoben,[5]) so kann ihr Rand im Pupillen-Gebiet sichtbar werden. Sieht man bei der Durchleuchtung des Auges eine dunkle Kreislinie quer oder schräg durch die sonst roth-leuchtende Pupille streichen; so ist es

---

1) Dimmer a. a. O., S. 38.

2) Coloboma iridis. *Κολόβωμα*, Verstümmelung (von *κολοβός*, *κόλος*), wurde schon von den Alten zur Bezeichnung angeborener Defecte gebraucht; sie beschrieben das Colobom der Lider. Neuerdings verwendet man das Wort auch für die angeborenen Spalt-Bildungen der Iris, Linse, Aderhaut, Netzhaut und des Sehnerven.

3) Zonula.

4) Coloboma lentis.

5) War die Verschiebung angeboren, so legen die Aerzte derselben einen angeblich griechischen Namen bei, — den der Ectopie, den im allgemeinen Sinne wohl Sauvages (1760) zuerst gebraucht hat; war sie durch Verletzung erworben, einen scheinbar lateinischen, — den der Luxation.

Ἔκ-τοπος (oder *ἐκτόπιος*) heisst „aus dem Ort, verschoben". Das griechische Hauptwort ist übrigens *ἐκτοπισμός*. Luxare heisst angeblich verrenken (*λοξόειν*, schief machen). Das Hauptwort luxatura kommt nur vor bei einem ganz späten Lateiner (Marc. Emp.), luxatio nur in alten Gloss. Aber bei Celsus heisst luxata (-orum) die Zerrung. Für Verrenkung braucht er den Ausdruck sedibus moveri. (Die Ueberschrift, de med. VIII, 11, „de luxatis ossibus" rührt bekanntermaassen her — von Haller!) Es wäre eine wirkliche Sprach-Verrenkung, wenn wir im Deutschen diese Worte noch weiter gebrauchen wollten.

über jeden Zweifel erhaben, dass die Linse ihren gewöhnlichen Platz verlassen hat.[1] Sie ist nach *innen-oben* verlagert, wenn z. B. Fig. 67 b (S. 147) ein *linkes* Auge darstellt. Wer dies *einmal* ordentlich gesehen, wird den Zustand ohne Zaudern immer wieder erkennen.

Der dunkle Streifen ist hierbei breiter als in dem Fall der Iris-Ausschneidung, weil die aus dem Aufhänge-Band gelöste Krystall-Linse verdickt, ihr Rand-Theil abgestumpft ist.

Nicht durch totale Reflexion des Lichts an der Vorderfläche der Krystall-Linse entsteht die dunkle Kreislinie, wenigstens nicht allein und nicht ausschliesslich. Die Brechungszahl des Kammerwassers ist 1,335; die der äussersten Linsen-Schichten am Aequator wird auf 1,375 veranschlagt:[2] der Grenzwinkel der totalen Reflexion beim Uebergang des Lichts aus der äussersten Rinden-Schicht in das Kammer-Wasser misst also 76°.[3] Nur unmittelbar am Aequator wäre ein so schräger Licht-Einfall möglich.

Dimmer hat das Verhältniss klargestellt.

Wirft man etwa aus der Entfernung von 12″ = 30 Ctm. Licht in die Pupille des kranken Auges (Fig. 67 b), so erscheint der linsenlose Theil der Pupille rein-roth, der linsenhaltige dunkel-roth; zwischen beiden das Stück der dunklen Kreislinie, die einen Streifen von etwa

---

1) Hierbei *schwankt* die untere-äussere Hälfte der Regenbogenhaut bei den Bewegungen des Auges, da ihr die Unterlage, die Krystall-Linse, fehlt. Der schwankende Theil der Regenbogenhaut liegt auch tiefer im Auge, als der übrige. Hält man das Glas + 2″ = 20 D passend vor das kranke Auge, so erscheint uns mittelst des Augenspiegels *das umgekehrte Bild des Sehnerven-Eintritts verdoppelt*, da der Rand-Theil der Krystall-Linse wie ein Prisma wirkt und aus der Hälfte jedes vom Augengrund zurückkehrenden, homocentrischen Strahlenbündels ein verschobenes Bild des Sehnerven gestaltet. Beide Bilder erscheinen gleichzeitig und fast in gleicher Schärfe. Für das *aufrechte* Bild des Augengrundes sind *verschiedene* Hilfsgläser nothwendig, ein sammelndes für den linsen-losen Theil der Pupille, ein zerstreuendes für den linsen-haltigen, da die Krystall-Linse durch Lösung aus dem Strahlen-Bande Verdickung erfahren, und somit die linsen-haltige Hälfte des kranken Auges stark kurzsichtige Einstellung erlitten hat. Oder man sieht *ohne* Hilfs-Glas, *erst* durch den linsen-losen Theil das aufrechte Bild des Augengrundes, wenn man ganz *nahe* an das untersuchte Auge herankommt; und *danach* das umgekehrte Bild aus dem linsenhaltigen Abschnitt, indem man allmählich sein Auge von dem des Kranken um etwa 14″ = 35 Ctm. oder mehr abrückt. Vgl. A. v. *Graefe*, A. f. O. I, 1, 345, mit Abbildungen.

2) *Matthiessen*, Graefe-Saemisch, I. Aufl. VI, S. 460.

3) Nach O. *Becker* 70°. ($\sin x = \frac{1,3365}{1,4189} = 0,94$.) O. *Becker* hat wohl zuerst die totale Reflexion als Ursache der dunklen Kreislinie genauer erörtert.

0,6 Mm. Breite darstellt. Der letztere ist scharf abgesetzt gegen den linsenlosen Theil, undeutlicher begrenzt gegen die Mitte der Linse zu. Hebt man nun, während untersuchtes Auge und Spiegel ruhig gehalten werden, sein eignes Auge langsam über den Spiegel; so wird die Linse heller durchleuchtet, der linsenlose Theil etwas dunkler, der schwärzliche Streifen schmaler. Schliesslich (nach einer Erhebung unsrer Blick-Achse um etwa 10°) erscheint der Linsen-Rand als hellrother Streifen, während der linsenlose Theil schwarz geworden.

Total reflectirtes Licht kann die Pupille des untersuchten Auges überhaupt nicht verlassen. Wir können aber das den Linsen-Rand durchsetzende Licht wahrnehmen, wenn wir es von einem andren Orte aus betrachten. Folglich wird bei der gewöhnlichen Betrachtung das vom Augengrund zurückkehrende Licht durch den Rand-Streifen der Linse in der Weise abgelenkt, dass wir es nicht wahrnehmen können, wenn wir durch das Spiegel-Loch blicken.[1])

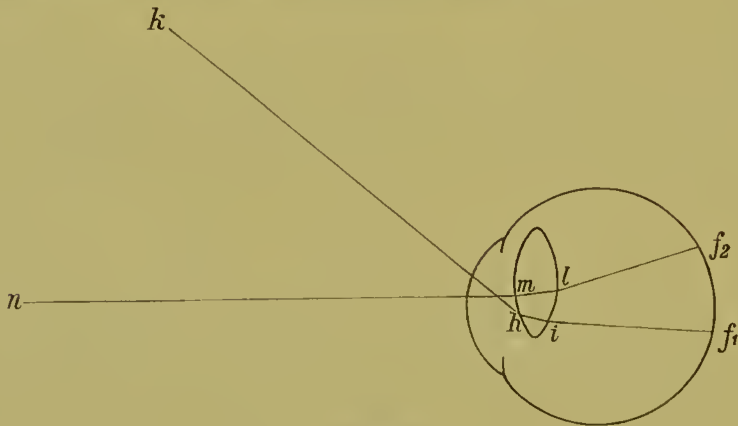


Fig. 68.

Mit andren Worten, die prismatische Wirkung des Linsen-Randes überwiegt. In Fig. 68 stellt $f_1 ihk$ ein seitlich abgelenktes schmales Strahlenbündel dar; $f_2 lmn$ ein andres, das bei der ursprünglichen Stellung des untersuchten Auges in die Pupille des Beobachters gelangt.

Dagegen kann bei dem nach unten iridectomirten Auge der dunkle Rand-Streifen der freigelegten Linse nicht völlig schwinden, wenn wir das eigne Auge erheben, während das untersuchte Auge und der Spiegel

1) Bei seitlicher Beleuchtung kann man wohl den Linsen-Rand oder vielmehr den linsen-haltigen Theil der Pupille, da er etwas Licht reflectirt, von dem linsen-losen unterscheiden, aber es entsteht hierbei nicht ein glänzender Rand-Streifen.

unverändert bleibt: hier dürfte die totale Reflexion des Lichtes an der Vorderfläche eine grössere Rolle spielen, da hier Einfallswinkel von $\geqq 70^{0}$ zwischen dem vom Augengrund zurückkehrenden Licht und dem Loth auf einem Punkt der vorderen Linsenfläche eher möglich sind. Ebenso, wenn die durchsichtige Linse auf den Boden des Glaskörper-Raums verschoben ist: dann erscheint nämlich der ganze Linsen-Rand, soweit er sichtbar wird, vollkommen dunkel und theilt das Beleuchtungsfeld in 2 Theile, den matten rothen der Linse und den hellen rothen ausserhalb derselben.

Ist die durchsichtige Linse in die Vorder-Kammer verschoben, so erscheint sie bei gewöhnlichem Tages-Licht wie ein Oel-Tropfen, dessen Rand wie ein Messing-Draht glitzert.

Fig. 69.

Das Licht muss in den Aequator der Krystall-Linse und die benachbarten Theile derselben (bei *cd*, Fig. 69) eindringen können, um an der andren Seite des Linsen-Aequators, (am andren Ende des Linsen-Durchmessers, bei *fg*) total reflectirt zu werden. Der helle, glänzende Streifen ist dem Licht-Einfall abgewendet.[1]) Er ist weiss bei Tages-Licht, gelb bei dem gewöhnlichen, künstlichen Licht, und kann beliebig gefärbt werden,[2]) wenn man das einfallende Licht erst durch farbige Gläser treten lässt, ehe es auf das Auge fällt.

Ist die Krystall-Linse so verschoben, dass ein Theil ihres Aequators in der Vorder-Kammer liegt und dem Beobachter zugewendet wird, so erscheint der dem Licht-Einfall zugewendete Streifen hellglänzend durch Licht, welches von dem hinten liegenden Theil des Aequators zurückgeworfen und an dem vorn liegenden Rande total reflectirt wird.

Ich sah in einem solchen Fall, wo auf dem rechten Auge eines

1) Er geht fast rings herum, wenn mehrere Fenster im Zimmer sind. — Uebrigens kann man sich eine gute Anschauung dieser Verhältnisse verschaffen, wenn man ein frisches Thier-Auge (z. B. vom Hammel) im Aequator halbirt und den vorderen Abschnitt von innen her betrachtet.

2) Knapp, A. f. A. XII, S. 314.

Knaben die freibewegliche, anscheinend verkleinerte, durchsichtige Linse so weit in die Vorderkammer getreten war, dass nur der innere obere Quadrant des Linsen-Randes noch hinter der Iris verborgen blieb, zwei Quadranten des Linsen-Randes leuchten, den äusseren-oberen und den inneren-unteren, wenn das grade vor dem Kranken befindliche Fenster Licht einfallen lässt; bei der gewöhnlichen seitlichen Beleuchtung (mittelst Kerze und Glas von + 2″ Brennweite) leuchtet immer der der beleuchteten Stelle grade gegenüber liegende Theil des Linsen-Randes.

Bei vollständigem Iris-Mangel[1]) erscheint — sowohl unter Tageslicht als auch unter breiter seitlicher Beleuchtung — der ganze Linsen-Rand wie ein glänzender Draht; besonders stark aber der abgewendete Theil des Randes, bei umschriebener Beleuchtung. Ebenso ist es, wenn durch vollständige Schrumpfung der Iris die durchsichtige oder wenigstens durchscheinende Linse vor dem (getrübten) Glaskörper ganz frei gelegt ist, wie ich dies z. B. bei zwei kleinen Kindern beobachtete.[2])

Uebrigens sieht man auch bei albinotischen Augen vom Linsen-Rand wenigstens einen Theil glänzend schimmern, wenn der Untersuchte mehr im Hintergrund des Zimmers gegen das tages-helle Fenster blickt. Im Dunkelzimmer, bei der Durchleuchtung, erscheint der Linsen-Rand des albinotischen Auges schwarz in dem vom Augengrund zurückkehrenden Licht, d. h. in dem mehr oder minder röthlich strahlenden Hornhaut-Felde.

Ist der Albinismus unvollständig, so sieht man wohl die dunkle Linie des Linsen-Randes bei dieser Durchleuchtung, allerdings die Linie des kleinen Iris-Kreises noch schärfer; dagegen weder bei Tageslicht noch bei seitlicher Beleuchtung die hellglänzende Linie des Linsen-Umfangs.

Die Haupt-Wirkung der Krystall-Linse ist Licht-Brechung, ihre Haupt-Eigenschaft Durchsichtigkeit.

---

1) An-iria, An-iridia, von ἀ- und ἶρις. Wem diese Ausdrücke noch nicht gelahrt genug sind, der kann — Irideremia sagen, von ἶρις und ἐρημία. Einsamkeit, Mangel.

2) Glaskörper-Blutung, Secundär-Glaucom, Vergrösserung des Augapfels. In dem einen Fall war die Ursache Aderhaut-Entzündung durch angeborene Lues, in dem andren Netzhaut-Blutung bei Neuritis opt. durch Meningitis.

ihre Haupt-Störung also Trübung oder Undurchsichtigkeit.[1])

Ehe wir zu den eigentlichen Trübungen der Linse übergehen, haben wir eines Falles von scheinbarer Trübung durch totale Reflexion zu gedenken.

Bei der Durchleuchtung mit dem (lichtschwachen) Spiegel sieht man gelegentlich ein System von strahlenförmigen (und verästelten) dunklen Streifen im rothen Pupillen-Gebiet; dieselben verschwinden, wenn der Spiegel um seinen senkrechten Stiel gedreht wird. (Vgl. Fig. 70.) Es sind dies Lücken in der Linsen-Masse, gefüllt mit Flüssigkeit, deren Brechungszahl von derjenigen der umgebenden Linse abweicht (geringer ist), so dass an der hinteren Fläche des Kanals das vom Augengrund zurückkehrende Licht einer totalen Reflexion unterliegen kann. Die Veränderung ist eine Vorstufe der wirklichen Linsen-Trübung und kommt besonders bei Veränderung der tieferen Theile des Auges vor, z. B. bei alter Netzhaut-Ablösung oder bei stark kurzsichtigen Augen mit Veränderung des Augengrundes. Zeichnet man in einem Fall der letzten Art diese durchleuchtbaren Speichen und verfolgt die Beobachtung etwa zehn Jahre lang; so wird man den Uebergang der beschriebenen Gebilde in ständige Trübungen sicherstellen können.

Die vollständige Trübung der Krystall-Linse ist allerdings schon bei Tages-Licht vom blossen Auge als grauweisse Auskleidung (Bedeckung) des Pupillen-Gebietes ganz leicht zu erkennen. Der Augenspiegel versagt seine Dienste, da zu wenig Licht durch die getrübte Linse hindurchtritt.[2])

Aber die seitliche Beleuchtung bleibt auch hier noch von besondrer Wichtigkeit, namentlich nach künstlicher Erweiterung der Pupille. Obwohl die Linsen-Trübung so wenig durchsichtig ist, dass das befallene Auge nur noch Helligkeits-Unterschiede wahrnimmt oder die Zahl der Finger auf 1—2 Fuss (0,1 bis 0,2 Met.) Entfernung unterscheidet; so vermag man mit dem zusammengedrängten Lichtstrahlen-Kegel bis auf eine gewisse Tiefe einzudringen und die wichtige Frage zu entscheiden, ob ein gelber Kern vorhanden ist, wie stets beim eigentlichen Greisenstar; ob etwa der gelbe Kern in der verflüssigten Rinden-Masse nach abwärts gesunken ist, wie bei dem sogenannten Morgagni'schen Star.

Es giebt auch, wie schon erwähnt, vollständige Linsen-Trübungen, die dem blossen Auge wenig deutlich erscheinen, da sie dunkelbraun

---

1) Auch für die Hornhaut gilt dieser Satz ganz ebenso; nur dass für sie, die an der Oberfläche belegen und Entzündungen wie Verschwärungen unterworfen ist, noch eine zweite Haupt-Störung, die Krümmungs-Aenderung ihrer Vorderfläche, hinzukommt.

2) Allerdings ist selbst dann die Linse nicht ganz undurchgängig für Licht, da das star-blinde Auge den Lichtschein behält; die aus dem Auge herausgenommene Linse ist horn-artig durchscheinend.

sind und in Folge dessen wenig Licht zurückwerfen.[1]) Der Augenspiegel zeigt hier sofort, dass das Pupillen-Gebiet für Licht nicht genügend durchgängig ist; die seitliche Beleuchtung liefert von den vorderen Schichten der Linse einen gesättigt braun-rothen Widerschein.

Die umschriebenen Trübungen in der sonst durchsichtigen Linse erscheinen bei der Durchleuchtung natürlich als schwarze (oder dunkel-graue) Flecke auf dem normal rothen Grunde. Es genügt nicht, dieselben zu erkennen, was ja ungemein leicht ist, sogar für den Anfänger; man muss auch ihren pathologischen Werth richtig beurtheilen: sonst fügt man dem Kranken nur Schaden zu, indem man im Falle einer unschuldigen kleinen und ständigen Linsen-Trübung ihn dem quälenden Gedanken eines fortschreitenden Stares preisgiebt.[2])

In dieses Gebiet gehören die angeborenen kleinen Punkte am vorderen oder am hinteren Scheitel der Linse, die kleinen dreistrahligen Sternchen von λ-Form am ersteren, kleine Pünktchen in der Linse, die bei seitlicher Beleuchtung meer-grün schimmern, Gruppen von ovalen, grauen Flecken am vorderen Scheitel, wie die Mandel-Sterne auf einem Honigkuchen. Alle diese Dinge kommen bei normaler, ja vorzüglicher Sehkraft vor, einige sind bei der Durchleuchtung sogar nur schwierig zu erkennen und bleiben so ziemlich für das ganze Leben unverändert.

(Freilich beobachtet man gelegentlich, dass jene angeborene meer-grüne Linsen-Trübung, die sogenannte Cataracta coerulea congenita, schon in den zwanziger Jahren ihren Trägern sich bemerklich macht, in den vierziger Jahren sich verstärkt und verdichtet und dann den Anfang zu wirklicher Star-Bildung darstellt.)

---

1) Von dem auffallenden Licht reflectiren die weissen Körper am meisten, die schwarzen am wenigsten. Ein dunkel-brauner Körper vor einem dunklen Hintergrunde ist schwer zu erkennen.

2) Es ist fast unglaublich, wie oft ein Anfänger, stolz auf die eben erworbene Kunst, dieselbe missbraucht, um das Lebensglück seines Kranken mit Füssen zu treten. Der bedächtigere Arzt, der später befragt wird, hat grosse Mühe, den Schaden wieder gut zu machen. Es gelingt ihm nur dann, wenn er mit grösster Bestimmtheit die erste Ansicht für irrthümlich erklärt. Star heisst nicht Linsen-Trübung, sondern Blindheit durch Linsen-Trübung. (staraplint, in den Keronischen Glossen aus dem 8. Jahrh. n. Chr., = star-blind, concretione coecus. Später hat die erste Hälfte des Wortes, Star, die Bedeutung des Ganzen, Blindheit, angenommen. Bei Bartisch [1583] steht Star für Hypochyma, Suffusio der Alten, ma [= aqua] der Araber, Cataracta des späteren Mittelalters.) — Mit Star darf man auch nicht verwechseln jene feinste Chagrin-Trübung des roth-durchleuchteten Pupillen-Feldes, welche in der Descemet'schen Schicht ihren Sitz hat.

Uebrigens ist es wunderbar genug, dass die Krystall-Linse, die ja aus den zu Röhren oder Fasern ausgewachsenen Deck-Zellen[a] der vorderen Linsen-Kapsel besteht, eine so vollkommene Durchsichtigkeit bei der grossen Mehrzahl der Menschen, sogar bis in's Greisen-Alter, beibehält; denn die einmal gebildeten Erzeugnisse der Deck-Zellen müssen, falls sie von trüber Beschaffenheit sind, dauernd in der Umhüllung der Linsen-Kapsel verbleiben. Das Wunder wird uns ein wenig verständlicher, wenn wir lernen, dass es thatsächlich gar nicht vorhanden ist.

a) Epithel-Zellen.

Untersucht man bei künstlicher Erweiterung der Pupille eine grössere Anzahl von Menschen, mit der Lupe hinter dem durchleuchtenden Augenspiegel; so findet man, bei völlig guter Sehkraft der untersuchten Augen, ziemlich häufig, sogar schon bei Kindern, ganz umschriebene Trübungen in der Krystall-Linse, die aber das Sehen ebenso wenig stören, wie die kleinen Schlieren in einer Fensterscheibe.

Mein ehemaliger Hilfs-Arzt Dr. Pulvermacher fand bei einer Augen-Untersuchung der Schüler der beiden Mittelschulen und der I., II. und IV. Stadtschule zu Posen das folgende. Von 60 Kindern unter 10 Jahren mit völlig normalen Augen ergab der Lupenspiegel bei 26, d. i. in 43 %, zarteste Linsen-Trübungen, nämlich vereinzelte Punkte und Bläschen.[1])

Die Ur-Form der erworbenen, fortschreitenden Linsen-Trübung, auch des Alter-Stars, ist übrigens, nicht der vom blossen Auge sichtbare Keil, sondern der nur mit der Lupe erkennbare Tropfen.[2]) Durch diesen klinischen Fund wird die Uebereinstimmung hergestellt mit der anatomischen Untersuchung, dass im ersten Beginn des Alter-Stars (geronnene) Eiweiss-Kugeln zwischen den auseinandergewichenen Faserschichten der Krystall-Linse angetroffen werden.[3])

(Ich bemerke vorweg, dass der Keil aus Tropfen zusammengesetzt ist, und dass bei der wichtigsten Star-Form, der greisenhaften, erst dann die Sehstörung stärker hervortritt, wenn ausser den getrennten Keilen zahllose Tropfen in der ganzen Ausdehnung der Linse sich gebildet haben.)

---

1) C. Bl. f. A. 1894, S. 475.

2) Hirschberg, C. Bl. f. A. 1888, S. 361 u. 1889, S. 330. Auch den Tropfen benutze ich seit vielen Jahren zur Prüfung der Sehkraft des angehenden Arztes. — Vgl. auch Reche, C. Bl. f. A. 1893, S. 129 u. 363.

3) O. Becker, Zur Anat. der gesunden und kranken Linse, Wiesbaden 1883, S. 59. Die greisenhafte Verhärtung (Sclerosirung) des Kernes ist die nächste Ursache des Greisen-Stars. Die ersten Trübungen liegen als dünne Schicht der Kern-Oberfläche auf. (Förster, A. f. O. III, 2, 186, 1857.)

Die kleinsten Linsen-Tropfen erscheinen, bei der uns zu Gebote stehenden Lupen-Vergrösserung, im durchfallenden Licht, als dunkle Punkte; die grösseren als durchsichtige Bläschen oder Kügelchen (oder gelegentlich auch als Spindeln oder Keulen) mit dunkler Umriss-Linie.

Die Tropfen kommen vereinzelt vor, oder in zierlichen Gruppen. Am bequemsten erkennt man diejenigen, welche in der vorderen Rinde der Krystall-Linse belegen sind: man stellt sein Auge, das hinter dem Loch des Augenspiegels sich befindet und mit $+ 2'' = 20\ D$ bewaffnet ist, genau ein auf den Rand der künstlich erweiterten Pupille des Kranken und schiebt sehr langsam seinen Kopf um ein Kleinstes nach vorn. Schwieriger sind die in der hinteren Rinde befindlichen Tropfen zu sehen und zu entwirren; am besten noch, wenn der vordere Theil der Linse leidlich durchsichtig geblieben. Grössere Tropfen in der vorderen Rinde erkennt man auch bei schiefer Beleuchtung, wenn man sein Auge mit einer guten Lupe, z. B. der Hartnack'schen, bewaffnet.

Vereinzelte Bläschen in der Linse sind recht häufig, auch bei jugendlichen Individuen, und nicht mit merkbarer Sehstörung verbunden. Nichtsdestoweniger bilden sie oft genug die Anlage für eine wirkliche, starige Linsen-Trübung, die aber vielleicht erst nach 20 oder 30 Jahren deutlich wird.

Es ist ja genügend bekannt, dass eine heftige Regenbogenhaut-Entzündung zunächst mit befriedigender Sehkraft heilen kann, dass aber viele Jahre später auf diesem Auge gelegentlich ein Star sich ausbildet. Die sorgsame Untersuchung mit dem Lupen-Augenspiegel zeigt uns den ursächlichen Zusammenhang weit genauer: gebildet sind die Linsen-Bläschen recht bald nach der Regenbogenhaut-Entzündung; aber ihr Fortschritt ist ein ausserordentlich langsamer.

Aehnliches gilt für die Fälle stärkster Kurzsichtigkeit mit Seh-Achsen-Verlängerung, Veränderungen im Augen-Grunde, Glaskörper-Flocken. Es ist genügend bekannt, dass hierzu schon in den vierziger oder fünfziger Jahren des Lebens störende Linsen-Trübung nicht allzu selten sich hinzugesellt. Aber der aufmerksame Beobachter, der sich der Lupe hinter dem Augenspiegel bedient, konnte schon 10 und 20 Jahre früher, während das erkrankte Auge noch feinste Schrift fliessend zu lesen vermochte, den zarten Schatten, welchen der Star voran wirft, an der deutlichen Bildung von Linsen-Bläschen erkennen und, wenn beide Augen verschieden stark erkrankt waren, sogar auch in dem schwächer erkrankten, neben feineren, jedoch zahlreichen Punkten und Fädchen im Glaskörper.

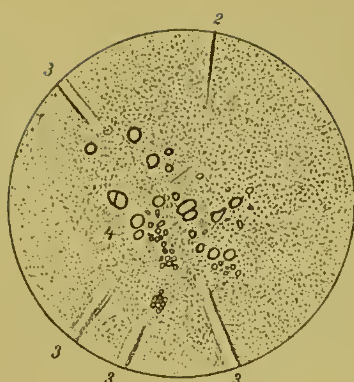
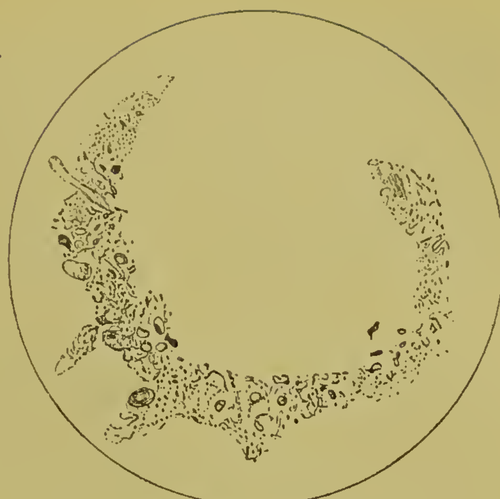
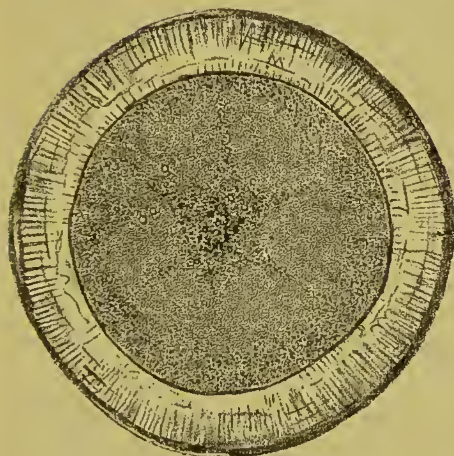


Fig. 70. (S. 158.)


Fig. 71. (S. 158.)



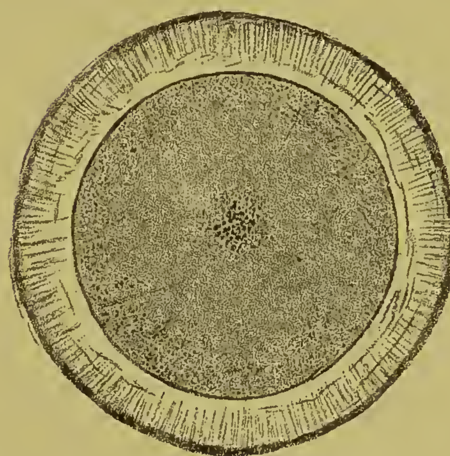
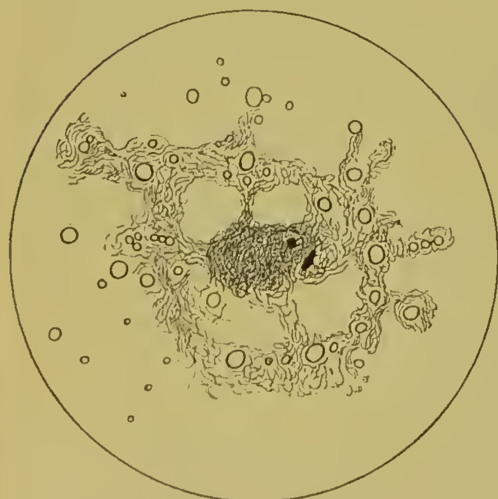
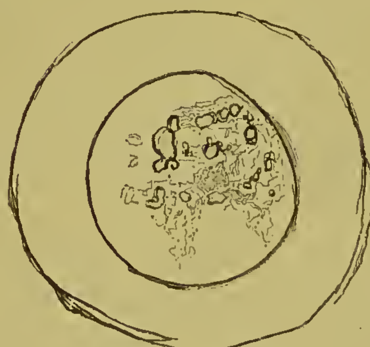


Fig. 72. (S. 158.)


Fig. 73. (S. 158.)


Fig. 74. (S. 159.)

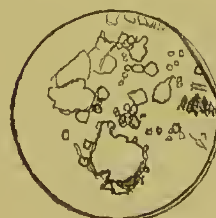

Fig. 75. (S. 159.)

Fig. 70 bezieht sich auf eine 62jähr. Frau, welche seit fünf Monaten über zunehmenden Schleier vor den Augen klagt. Bds. Sn. *CC*: 15', GF. *n*, Augenhintergrund normal. Urin zuckerhaltig.

Die Linsen-Trübungen sind folgendermaassen angeordnet. A. Rechts: 1. Umgekehrtes Y am vorderen Scheitel; 2. feine Rinden-Keile; 3. ähnlich gerichtete Gänge, die bei Drehung des Spiegels (wechselndem Licht-Einfalls-winkel) durchleuchtbar werden; 4. Tropfen-Bildungen, helle Kreise mit schwarzem Saum, welcher auf totaler Licht-Reflexion beruht. B. Links. (Vgl. Fig. 70): 1. Das umgekehrte Y am vorderen Pol ist angedeutet; 2. speichenförmige Trübungen (Rinden-Keile); 3. mit Flüssigkeit gefüllte Gänge, gleichfalls speichenförmig; 4. Tropfen-Gruppe, unter der vorderen Linsenkapsel. Wenn man mit + 2″ (= 20 *D*) hinter dem Augenspiegel den Pupillen-Rand eingestellt hat, sieht man die Tropfen nicht deutlich; aber sofort, wenn man sein Auge um ein kleines annähert (etwa um 1 Mm. oder weniger, es lässt sich das schwer bemessen;) und jedenfalls ehe man auf die Trübungen der hinteren Rinde einstellt.

Ich bemerke, dass beim beginnenden Star greiser Diabetiker die eigenthümliche Verschleierung des Augengrundes entweder von einem (aus feinstem Maschenwerk gewebten) grossen Stern in der hinteren Rinde oder von zahllosen Punkten oder von beiden zusammen bewirkt wird. (Vgl. Fig. 70 und Fig. 72, R.)

Fig. 71 ist von einer jungen, erst 17j. Kranken mit Zucker-Harnruhr. (6%, selbst 8%.) Die rechte Linse ist weisslich getrübt, in einzelnen Sektoren stärker. (Finger auf 2 M.) Das linke Auge hat volle Sehkraft, die Pupille erscheint klar, ebenso das Augengrund-Bild. Aber nach künstlicher Erweiterung der Pupille, mit + 2″ hinter dem Spiegel, gewahrt man eine äusserst zarte, grauliche Trübung (Fig. 71), welche grösstentheils aus feinstem Staub besteht; dazwischen einzelne grössere Schlieren, Punkte und durchsichtige Tropfen, die namentlich bei schrägem Lichteinfall durch leichte Spiegel-Drehungen hervortreten. Die Trübung nimmt einen gürtelförmigen, fast rings herumgehenden, unregelmässig begrenzten Streifen ein von etwa $^1/_6$—$^1/_8$ Breite der erweiterten Pupille und ist, nahe dem Linsen-Aequator, in den hinteren Theilen der Linse belegen. — Diesen Befund habe ich öfters erhoben.

(Das rechte Auge wurde durch Ausziehung des Stars, mit runder Pupille, geheilt; das linke war binnen sechs Wochen soweit getrübt, dass es nur noch rothen Reflex aus der Pupille erkennen liess.)

Fig. 72 stammt von einer 17j., die seit 3 Jahren Zeichen der Zucker-Harnruhr darbietet und seit 3 Monaten über Sehstörung klagt. Mit — 3 *D* ist $S = ^1/_3$. Im Mittelfeld der hinteren Rinde sitzt beiderseits eine schildförmige Trübung, die aus feinsten Punkten und aus Bläschen zusammengesetzt ist; von hier gehen (rechts) Strahlen zur Aequatorial-Gegend, welche gleichfalls einen Trübungs-Gürtel aus feinsten Punkten zeigt. Dazu vereinzelte Keile, in der vorderen wie hinteren Rinde. Schwere Form des Diabetes.

Fig. 73 bezieht sich auf eine 24j., die stets gut gesehen, aber seit $^3/_4$ Jahren allmähliche Abnahme der Sehkraft auf beiden Augen bemerkt. Sonst gesund; nicht aus Star-Familie; Urin *n*. Die Pupillen zeigen bds. graulichen Schimmer. Nach künstlicher Erweiterung der Pupille erkennt man auf dem linken Auge, dass die Trübung aus einem regellosen Geflecht feinster

Fasern besteht, das in den hintersten Schichten der Linsen sitzt und nahe dem Scheitel dichter gewebt ist; ferner aus einer grossen Zahl durchsichtiger Tropfen. Die letzteren sind von verschiedener Grösse, die feinsten kaum erkennbar; bei den grösseren ist die Umriss-Linie sehr scharf. Sie sitzen in verschiedenen Tiefen der Linse, jedoch nicht in den vordersten Schichten; einzelne sind in das Faser-Geflecht eingewebt. — Das Bild des rechten Auges ist ähnlich. $S = {}^{15}/c'$, G. F. *n.* Leichte periphere Pigment-Veränderungen. Es handelt sich also um einen Jugend-Star aus unbekannter Ursache.

Die Tropfen-Bildung kommt nicht blos bei dem Star der Greise vor, sondern auch bei dem kurzsichtigen, auch bei dem jugendlichen und selbst bei dem kleiner Kinder aus dem ersten Lebensjahr; ferner beim diabetischen und bei dem Verletzung-Star; endlich bei der secundären Linsen-Trübung nach Netzhaut-Ablösung und innerer Entzündung der Netz- und Aderhaut, sowie nach typischer Pigment-Entartung der Netzhaut. Der sogenannte Nach-Star besteht oft ganz und gar aus solchen dicht an einander gedrängten Tropfen oder Kugeln.

Fig. 74 ist von dem rechten Auge eines 34 j. Arbeiters, dem 2 Jahre zuvor ein kleiner Eisensplitter durch Hornhaut und Linse eingedrungen war und nasenwärts vom Sehnerven fest sass. Die Tropfen liegen in der vorderen Rinde. Sechs Wochen später erkannte man erhebliche Vergrösserung und Zusammenfliessen der einzelnen Tropfen. (Fig. 75.)

Fig. 76 ist von dem linken Auge des nämlichen Kranken ein Kapsel-Star, der von einer andren, vor 8 Jahren erfolgten Verletzung abhängt und die deutlichste Tropfen-Bildung erkennen lässt.

Fig. 77 zeigt die strahlige Trübung der hinteren Rinde aus dem r. Auge eines 21 j., 6 Tage nachdem ein kleiner Eisensplitter durch Hornhaut, Schliessmuskel der Regenbogenhaut, Linse, Glaskörper zum Augengrund vorgedrungen und hierselbst abprallend in den Glaskörper gesunken war: man erkennt deutlich, dass namentlich die freien Theile der Strahlen ganz und gar aus dichtgedrängten Tropfen bestehen. Die Grenzlinien derselben setzen eine netzförmige[1]) Figur zusammen.

Der Fall verlief zunächst günstig. Nach 4 Wochen zählt das reizlose Auge die Finger auf 10'. Die sternförmige Linsen-Trübung hat sich geklärt; die Bläschen und Tropfen sind vielfach zu breiten und platten Gebilden zusammengeflossen. (Fig. 78.)

Ein besonders schönes Beispiel der in der Linsen-Kapsel (nach Star-Ausziehung) sichtbaren Bläschen liefert Fig. 79.

Ein 70 j. war 10. II. 1894 von mir auf dem r. Auge zufallsfrei extrahirt

---

1) Fuchs hat in seiner lehrreichen Arbeit über „traumatische Linsentrübung" (Wiener klin. Wochenschr. 1888, Nr. 3 und 4) die Ansicht ausgesprochen, dass „die sternförmigen Trübungen der Corticalis nach Verletzungen zum Theil wenigstens durch Injection eines physiologischen Lymph-Spalten-Systems zu Stande kommen und dass darin der Grund liegt, warum diese Trübungen einer Rückbildung fähig sind". Ich glaube, dass die Rückbildungsfähigkeit ganz gut auch mit meiner Auffassung in Einklang zu bringen ist.

worden. Das optisch ganz befriedigende Auge erlangte $S = 1/_5$. Sehnerv etwas blass. — 12. XI. 1896 war $S = 1/_4$. Die Pupille ist ausgefüllt von einer glashellen, leicht gefalteten Haut, in der grosse Bläschen sitzen.

Eine genaue Untersuchung über die mit dem Lupenspiegel sichtbaren Anfänge des Alter-Stars hat Magnus[1]) veröffentlicht. Unter 166 Fällen fand er in 93% den ersten Anfang der Trübung am Linsen-Aequator und nur in 7% am Kern-Aequator; es handelt sich zunächst um kugel- oder spindelförmige Gebilde, die mit durchscheinender Flüssigkeit gefüllt und in die durchsichtige Linsensubstanz eingebettet sind. Es sind dies 1) birnförmige Lücken, 2) spindelförmige Spalten, 3) grössere oder kleinere Kugeln, 4) feiner Staub. Bei fortschreitender Entwicklung der Linsen-Trübung verschmelzen die birnförmigen Lücken entweder zu grösseren, den Linsen-Aequator vorn oder hinten bandförmig umsäumenden Trübung-Streifen; oder sie wachsen aus zu langen prismatischen Gebilden, welche schliesslich mit der einen Spitze auf einer der beiden aequatorialen Trübung-Zonen, mit der andren in der Polar-Ebene liegen.

Die gröberen, schon zusammengesetzten Linsen-Trübungen sind hauptsächlich speichenförmig oder, indem mehrere Speichen zusammenfliessen, sternförmig und erinnern sofort an den strahligen Aufbau der Linse aus Fasern.[2]) Bei durchfallendem Licht sind sie dunkel, bei auffallendem graublau. Auch haben sie keine selbständige Beweglichkeit, sondern bewegen sich nur mit dem untersuchten Augapfel.[3])

Aber auch bei den so bekannten und so überaus häufigen keilförmigen Rinden-Trübungen älterer Leute, die bei der Durchleuchtung so scharf hervortreten, muss man sich wohl hüten, sofort vom Star zu sprechen. Sehr häufig kommen betagte Personen zu uns, welche zwar nicht mehr ganz so gut sehen, wie in der Jugend, und namentlich zum Lesen stärkerer Sammelgläser bedürfen, vielleicht sogar etwas stärkerer, als ihrem Lebensalter und Brechzustand entspricht, aber doch mit Hilfe dieser Brillen noch die feinste Schrift zu lesen im Stande sind. Sie kommen, von Angst gequält, weil man ihnen

---

1) A. f. O. 35, 3, 56, 1889; und Aug. Unterr. Taf. II, 1892.

2) Hingegen sind die sogenannten Kapsel-Trübungen structurlos und fetzig, dabei kreide-weiss. Sie finden sich in der Mitte des Pupillen-Feldes: a) bei sehr lange bestehendem (über-reifem) Voll-Star; b) verhältnissmässig früh, vor der vollständigen Trübung der Krystall-Linse, bei der Complication mit inneren Augenkrankheiten, z. B. mit Netzhaut-Ablösung.

3) Oder mit der beweglichen Linse. In seltenen Fällen, wo eine halbgetrübte Linse schlottert, d. h. nicht fest im Aufhänge-Band haftet, kann man, auch ohne künstliche Erweiterung der Pupille, die unter diesen Verhältnissen nicht ganz unbedenklich ist, das Schlottern der Linse an dem der Trübungs-Streifen erkennen.



Fig. 76. (S. 159.)



Fig. 77. (S. 159.)



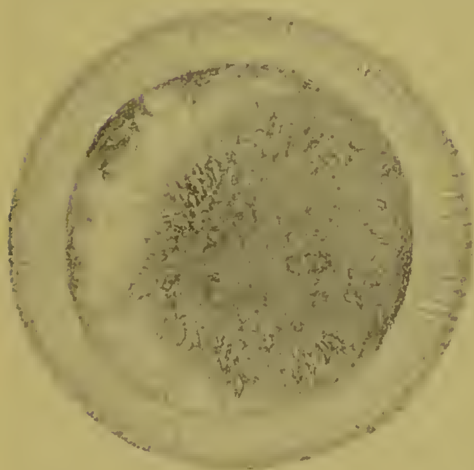
Fig. 78. (S. 159.)



Fig. 79. (S. 159.)



Fig. 80. (S. 162.)



a



b

Fig. 81. (S. 165.)



Fig. 82. (S. 167.)



Fig. 83. (S. 167.)

gesagt, dass sie am beginnenden Alter-Star leiden und früher oder später operirt werden müssten.

Es hält schwer, sie zu trösten und von ihrer Angst wieder zu befreien. Der Augenspiegel zeigt ein normal rothes Beleuchtungsfeld mit vereinzelten keilförmigen dunklen Streifen, deren spitzeres Ende bei enger Pupille vielleicht soeben in diese hineinreicht[1]) (Fig. 80.) Allerdings ist dies eine Alters-Veränderung der Linse, allerdings die Anlage zum Greisen-Star; aber von diesen Personen mit vereinzelten Rinden-Keilen, die oft nach 10 Jahren nicht oder wenig zugenommen haben, erleben doch nur einzelne die vollkommene Ausbildung des Stars, d. h. die Nothwendigkeit der Operation. Der Krankheitsname Star erschreckt den Kranken und soll in derartigen Fällen vernünftigerweise erst dann gebraucht werden, wenn er ein Trostwort darstellt: wenn wirklich durch die fortschreitende Linsen-Trübung das Sehvermögen bereits gesunken, das Lesen erschwert oder unmöglich geworden, so dass die Aussicht auf operative Besserung wie eine Erlösung erscheint.

Selbst der Erfahrene sei vorsichtig im Prophezeien. Im Jahre 1893 kam ein 61 j. Arzt zur Brillenwahl. Mit + 1,5 *D* R. *S* fast 1; L. etwas weniger, seit frühester Kindheit. Er hat + 1,5 *D* zum Lesen und bekommt + 3 *D*. Vor 40 Jahren hatte A. v. Graefe keilförmige Streifen in seinen Linsen entdeckt und von beginnendem Star und der Wahrscheinlichkeit einer baldigen Operation gesprochen; aber auch jetzt ist noch gar keine Rede von einer solchen und die Sehkraft so gut wie normal. — Er ist unoperirt, mit befriedigender Sehkraft, verstorben.

Auch bei Zucker-Kranken verdient der Beginn der Linsen-Trübung öfters nicht den Namen Star, sondern den der Kurzsichtigkeit. Die 47 j. Mutter eines Fachgenossen, welche 205 Pfund wiegt und vor 6 Jahren am Durst gemerkt, dass sie zuckerkrank sei (4, 2, $1^1/_2$ %), kommt aus der Provinz, um wegen der „Star-Bildung" zu befragen. Früher sah sie „eine Fliege auf dem Thurm", seit 4 Jahren aber viel schlechter. Der Augenspiegel zeigt nach Pupillen-Erweiterung 1) in der Linse zarte Bläschen, sowie feine speichenförmige Trübung-Streifen, die aus zarten, dunklen Punkten zusammengesetzt sind, beides nur in der Peripherie; 2) Augengrund-Bild ziemlich klar; 3) Kurzsichtigkeit von etwa 4 *D*. Die Sehprüfung ergiebt *S* = 0,1 aber mit — 4 *D* *S* = 0,6. Mit einer Franklin-Brille, oben — 3 *D*, unten + 1,25 *D*, reist sie befriedigt nach Hause.

Der eigentliche Alter-Star hat eine dem Schicht-Star ähnliche Gestaltung: zu den keilförmigen, weisslich-trüben Speichen,

---

1) Am häufigsten sehen wir den ersten Anfang, wenn wir den Kranken mit dem zu prüfenden Auge nach seiner Nasen-Spitze blicken lassen: innen-unten beginnt diese Trübung, wenn auch nicht ausnahmlos, so doch in der Mehrzahl der Fälle.

welche von dem Rande der Linse aus, sich verschmälernd, in's Pupillen-Gebiet vordringen und sowohl in der vorderen, wie auch in der hinteren Rinde liegen, und zu der Trübung des Linsen-Randes, die man auch als Greisen-Bogen der Linse bezeichnet hat, tritt eine Schicht trüber Tropfen zwischen Kern und Rinde. Damit beginnt die eigentliche Sehstörung; das ist praktisch der Anfang des wirklichen Greisen-Stars.

Die weitere Fortbildung geht durch die Stufen der Halb-Reife zur Ganz-Reife über.[1]) Die vollständige Trübung der Linse wird reif genannt: 1. Bei erweiterter Pupille liefert dann die Durchleuchtung kein rothes Licht mehr vom Augengrund. 2. Die seitliche Beleuchtung zeigt, dass die Trübung bis zur Pupillen-Ebene vordringt. 3. Blickt man von der einen (z. B. der Schläfen-) Seite in das Star-Auge, so fehlt der Schlagschatten des Pupillen-Randes an der andren Seite, da dieser nur entstehen kann, wenn zwischen der Trübung und der Iris eine messbare Schicht ungetrübter Linsen-Masse liegt; die Vorderkapsel ist viel zu fein dazu.

Die feinen grauen Streifen der Rinde sprechen für langsamere Entwicklung und härtere Beschaffenheit der Rinde; die breiteren, perlmutterartig glänzenden Streifen aber für raschere Entwicklung und weichere Beschaffenheit der Rinde; der gelbe Kern des Greisen-Stars ist stets hart und horn-artig durchscheinend. Die Linsen-Trübung des mittleren Lebensalters[2]) zeigt einen weissen Kern, wie aus gekochtem Knorpel, bei wenig getrübter Rinde. In kurzsichtigen Augen älterer Personen beginnt der Star mit einer Kern-Unterlaufung, welche bei seitlicher Beleuchtung sehr trübe aussieht, mit dem Spiegel aber zu durchleuchten ist und fast verschwindet; bei geringer Lichtstärke der Durchleuchtung mehr hervortritt und zunächst nicht auf Undurchsichtigkeit, sondern mehr auf totaler Reflexion beruht; eine sehr eigenthümliche Erscheinung ist die Krümmung und radförmige Drehung der Blutgefässe des (vom untersuchten Auge selber entworfenen, umgekehrten) Netzhaut-Bildes.

Ein 44 j. liest bds. Sn. $1\frac{1}{2}$ in $2\frac{1}{2}''$, l. mit Mühe. Bds. Kern-Unterlaufung. Nach Pupillen-Erweiterung zeigt sich bei seitlicher Beleuchtung l. ein gelb-

---

1) Der Begriff der Star-Reife entstammt einem humoral-pathologischen Irrthum der alten Griechen; sie hielten den Star für eine Ausschwitzung im Sehloch, welche gerinne. Celsus, VII, 7, 14: Atque ipsius suffusionis quaedam maturitas est. Exspectandum igitur est, donec jam non fluere, sed duritie quadam concrevisse videatur. Vgl. m. Gesch. d. Augenheilk. i. A., § 183, S. 288.

2) Cataracta praesenilis.

weisser Kern in grauer Hülle. Bei der Durchleuchtung erkennt man einen zarten kreisförmig begrenzten Schatten, ähnlich wie bei feinem Schicht-Star, um dessen Begrenzung das Bild einzelner Netzhaut-Blutgefässe radspeichenförmig sich dreht; und zwar entgegengesetzt dem Zeiger einer Uhr, wenn der Beobachter seinen Kopf nach rechts verschiebt.

Wenn wir auch nicht mehr auf die 98 Star-Formen schwören, die noch ein Himly unterschied, im Anfang des vorigen Jahrhunderts: so können wir doch nicht, wie handwerksmässige Star-Stecher, die wirklich bemerkenswerthen Unterschiede in der Entwicklung der Linsen-Stare übersehen.

Vor allem ist es auch nothwendig, gegenüber dem Voll-Star. die theilweisen Linsen-Trübungen orts-beschreibend abzugrenzen:

a) Cataracta polaris antica.

1. Die vordere Scheitel-Trübung[a] ist eine kleine weisse Scheibe genau am vorderen Linsen-Scheitel, die durchaus ständig und ohne Sehstörung verbleiben kann. Diese Form kann angeboren sein und einen Rest der Verbindung darstellen zwischen dem Ektoderm und der aus diesem nach innen sich einstülpenden Linsen-Anlage. Die gleiche Form kann aber auch erworben sein, namentlich im frühesten Lebensalter, wenn durch Eiterung der Neugeborenen Hornhaut-Durchbruch eintrat, jedoch noch glücklich heilte: dann besteht gleichzeitig eine Hornhaut-Narbe. Die angeborene ist doppelseitig, die erworbene oft einseitig. Mitunter ragt vom vorderen Scheitel der Linse eine kurze, weisse Pyramide[b] hinein in die Vorderkammer[1]); sie kann sogar durch einen Faden mit der Hornhaut zusammenhängen.

b) Cataracta pyramidalis.

2. Die vordere Scheitel-Trübung ist nicht immer ständig, sondern gelegentlich fortschreitend. Sie vergrössert sich und wächst zu einem kleinen, weissen, plumpen Stern mit kurzen Strahlen

1) Eine durchsichtige angeborene Pyramide am vorderen Linsen-Scheitel ist als Lenticonus anterior beschrieben. (Lens, Linse; κῶνος, Kegel.) Man sieht bei der Durchleuchtung des Auges in der Mitte der (erweiterten) Pupille eine rothe Scheibe, darum einen dunklen Ring und darum wieder einen breiteren rothen Ring. — Die entsprechende Veränderung am hinteren Scheitel heisst Lenticonus posterior. Der Befund ist sehr selten. Vgl. Webster, A. f. A. (u. O.) IV, 262, 1874. Van der Laan u. Placido, Period. di ophth. prat. Nr. 3 u. Nr. 4, 1880 (u. C. Bl. f. A. 1880, S. 450.) — F. Meyer, C. Bl. f. A. 1888, S. 41. Knapp, Arch. f. A. XXII, S. 28, 1891. Weeks Arch. of Ophth. XX, Nr. 2, 1891. (Wohl nicht in die deutsche Ausgabe übernommen.)

Es giebt aber auch durchsichtige Linsen mit zwei stark verschiedenen Brennweiten, einer centralen und einer peripherischen, durch Verbildung des Kerns, sei es Verdickung oder Verdünnung. L. Müller, Klin. Monatsbl. f. A. 1894, Juni-Heft. E. Guttmann in Breslau, C. Bl. f. A. 1898, Juli-Heft und 1900, Oct.-Heft.

aus oder zu einer kleinen Rose, während weisse Punkte und kurze Striche in den mehr seitlichen Theilen des erweiterten Pupillen-Gebietes sichtbar werden, zunächst mit klaren Zwischenräumen. Man kann diese Form auch als vorderen Rinden-Star[c] bezeichnen. Immer ist Kurz- [c) Cat. cortic. ant.] sichtigkeit dabei vorhanden. Allmählich stellt sich stärkere Sehstörung ein. Etwa um das 30. Lebensjahr kommen die Kranken zum Arzt, um das 50. gelangen sie zur Star-Operation, wenigstens auf einem Auge; mitunter reicht noch nach dem 60. das bessere Auge aus, so dass sie sich ohne Operation behelfen. Ich habe diese Form wiederholentlich über 20 Jahre hindurch verfolgt und schliesslich operirt, auch mit runder Pupille, und mit sehr schwachen Sammel-Gläsern gute Fernsicht ($^1/_2$) erzielt. Nach meiner Ansicht beruht diese Form auf einer angeborenen Anlage und ist verwandt mit der sogenannten angeborenen punktförmigen Linsen-Trübung.[d] [d) Cat. coerulea congenita.]

Beispiele. 1) Ein 46j. liest 1877 R. Sn. 5 in 0,16 Mm.
L. Sn. 0,5 in 0,6 Mm.; — $4\,D$ $S = {}^{15}/_{40}$.
Bds. vordere Linsen-Pol-Trübung.

1892 ist die r. Linsen-Trübung fast vollständig, Finger in nächster Nähe L. noch mit — $5\,D$ $S = {}^{15}/_{50}$.

2) Ein 30j. zeigt 1873 den ersten Beginn, liest 1881 noch bds. Sn. 0,6 in 12,5 Ctm. Nach Mydr.: a) vordere Pol-Trübung, b) in der Rinde punkt- und strichförmige Trübungen mit völlig klaren Zwischenräumen.

1893, 20 Jahre nach dem Beginn, ist die r. Linsen-Trübung fast vollständig, L. wird noch Sn. 0,6 in 10 Ctm. gelesen. Ausziehung des r. Stars. mit runder Pupille, erfolgreich.

Mit $+ 2\,D$ sph. $\smile + 2\,D$ cyl. ⇝ ≻, $S = {}^1/_2$.

3) Ein 48j. kommt: kurzsichtig seit 20, schwachsichtig seit 8 Jahren, r. blind seit kurzem.

R. weisslich-grauer Star mit weisslicher Trübung am vorderen Pol und weisslichen Streifen in der vorderen und hinteren Rinde.

L. weissliche Trübung am vorderen Pol, weissliche Streifen in der vorderen und hinteren Rinde.

4) Ein 49j. kam, weil ihm sein Zerstreuungs-Glas zu scharf geworden. Mit — $5\,D$ R. $S = {}^5/_{25}$, L. $S = {}^5/_7$.

Das linke Auge zeigt die schon beschriebenen Veränderungen der sogen. Cat. coer. congen., das rechte deren Fortbildung zu wirklich störender Linsen-Trübung.

In Fig. 81, a sieht man, bei seitlicher Beleuchtung und Lupen-Betrachtung, dicht unter der Vorderkapsel die zarten Fleckchen, die fast wie der Mandel-Stern auf Honigkuchen angeordnet sind, und ferner in der vorderen und hinteren Rinde, um den Kern-Aequator geschaart, zahllose kräftiger gezeichnete, spindelförmige Trübungen. Fig. 81 b ist bei der Durchleuchtung, mit $+ 20\,D$ hinter dem Spiegel, gezeichnet: die zarten Fleckchen sind nicht sichtbar, die Spindeln erscheinen schwarz.

3. Von der Trübung am vorderen Scheitel ist zu unterscheiden der sogen. vordere Kapsel-Star. Derselbe führt seinen Namen eigentlich mit Unrecht, da nicht die vordere Kapsel, sondern eine unmittelbar unter dieser gelegene Schicht zu einer fetzigen oder viereckigen, kreide-weissen Trübung ausgewachsen ist.

4. Der angeborene Kern-Star, eine kleine kuglige Trübung um den wirklichen Mittelpunkt der Krystall-Linse, ist sehr selten.

5. Das gleiche gilt von dem angeborenen Spindel- oder Achsen-Star. Es ist dies ein bläulich weisser Faden vom vorderen zum hinteren Pol der Linse mit einer Anschwellung im Linsen-Kern.

6. Eine der häufigsten und wichtigsten Formen der umschriebenen und ständigen Trübungen ist der Schicht-Star[a] jugendlicher Menschen. Bei erweiterter Pupille sieht man einen fast kreis-runden, dunkel-grauen Fleck inmitten des roth-erleuchteten Pupillen-Feldes. Zwischen dem Rande des Flecks und dem Rande der Pupille ist bei ophthalmoskopischer Durchleuchtung der rothe Glanz des Augengrundes sichtbar. Der Fleck selber, dessen Breite zwischen 3 und 6 Mm. zu messen pflegt, lässt in seiner Mitte matt-rothes Licht durchschimmern. Dadurch ist bewiesen, dass nicht ein Kern-Star jugendlicher Individuen vorliegt, wie man ursprünglich angenommen; sondern eine Faserschicht-Trübung zwischen durchsichtigem Kerne und durchsichtiger Rinde. Das vom Augengrund zurückkehrende Licht wird, soweit es ziemlich senkrecht auf die mittleren Theile der trüben Schicht auffällt, in genügender Menge durchgelassen; soweit es schräg auf die Randtheile trifft, seitlich zurückgeworfen, so dass es nicht in das Auge des Beobachters gelangt. Auch die seitliche Beleuchtung bestätigt den Sitz der trüben Schicht: die Spitze des Lichtkegels muss aus der Pupillen-Ebene merklich nach hinten geschoben werden, bis man den asbest-artigen Schimmer von der Vorderfläche des Schicht-Stars gewinnt.[1])

a) Cataracta zonularis.

Nicht selten sitzt unter dem vorderen Scheitel noch eine rundliche Trübung. Nicht selten finden sich ferner noch sogenannte Reiterchen[2]), d. h. schwache, spitzbogige Trübungs-Streifen in der an den Schicht-Star grenzenden durchsichtigen Rinde. Der eine Schenkel des Spitzbogens sitzt vor, der andere hinter dem Schicht-Star, so dass

---

1) Auch die angeborenen bläulichen Linsen-Trübungen (cat. coerul. congen.) können gelegentlich als Spitzbogen den klaren Kern umgreifen.

2) Mitunter treten nur die haarnadel-förmigen Reiterchen, die aus kleinen dunklen Punkten und Strichen zusammengesetzt sind, deutlicher hervor, während die Scheibe des eigentlichen Schicht-Stars äusserst zart gezeichnet ist und vereinzelte Bläschen enthält. (Dabei ist $S = {}^{5}/_{6}$ bis ${}^{5}/_{7}$.)

das ganze Gebilde auf dem Rand des letzteren reitet. Die Lage der Reiterchen kann einfach oder auch doppelt sein; man spricht dann von doppeltem oder dreifachem Schicht-Star. (Nur selten werden diese umhüllenden Schichten vollständiger.)

Ein eigenartiges Aussehen gewinnt der Schicht-Star, wenn in der vorderen Schicht desselben 12—14 Strahlen oder Rippen stärker getrübt hervortreten, als die dazwischen liegenden Keile. (Vgl. Fig. 82, S. 161, vom l. Auge eines 2j.).

Der ganz zarte Schicht-Star ist, namentlich bei licht-starkem Spiegel, vollkommen durchleuchtbar, so dass nur ein Paar Reiterchen oder Rippen sichtbar bleiben; bei seitlicher Beleuchtung sieht man natürlich auch die Grenzschicht des eigentlichen Schicht-Stars. Diese Augen besitzen fast normale Sehschärfe und dürfen natürlich nicht operirt werden.

Der trübere Schicht-Star giebt sich auch schon bei der Durchleuchtung kund; meist bleibt aber die Mitte noch matt durchleuchtbar. Bei noch stärkerer Trübung hört auch dieses auf.

Der Schicht-Star wächst nicht in der Flächen-Ausdehnung. Das ist auch verständlich, da er, als Folge von Rhachitis, in der foetalen Krystall-Linse den Abdruck einer zeitlich begrenzten Erkrankung darstellt, während welcher aus den unter der Vorderkapsel, am Aequator, belegenen Bildungs-Zellen trübe Fasern auswachsen. Darum ist auch der Schicht-Star fast immer doppelseitig und auch so ziemlich gleich gross auf beiden Augen, wiewohl nicht immer gleich trübe. Aber die Trübung des Schicht-Stars kann zunehmen und nimmt im Laufe des Lebens wohl immer zu. Es ist so, wie wenn eine mattirte Glas-Platte durch eine aus Milch-Glas von gleicher Dicke und Grösse ersetzt wird. Die klare Rinde bleibt nicht immer klar: es können Bläschen (und Streifen) in derselben auftreten.[1])

Vgl. Fig. 83. Im Jahre 1887 hatte ich einem 3jährigen, sehr unbändigen Knaben mit bds. Schicht-Star nebst Vorderscheitel-Trübung durch Iridectomie erheblich bessere Sehkraft vermittelt. 1892 war $S = 1/_5$, der Knabe Erster seiner Klasse. 1898 war $S = 1/_7$. Er sah nicht genug, um Mechaniker zu werden. Jetzt wurde die Fig. 83 gezeichnet. Durch Discission seiner Linsen kam er auf $S = 1/_2$.[2])

---

1) Dies ist nicht so häufig, dass man deshalb die Iridectomie gegen Schicht-Star verwerfen sollte. Vielmehr ist die Sehkraft nach Iridectomie nicht für das Leben genügend. Darum haben wir die Beseitigung des mit störendem Schicht-Star behafteten Linsen-Systems vorzunehmen.

2) Vgl. die Arbeit von Dr. Bähr über Schicht-Star, aus meiner Anstalt, D. m. W. 1900, No. 9 und C. Bl. f. A. 1900, S. 110.

In seltenen Fällen wandelt der Schicht-Star sich um in flüssigen Milch-Star jugendlicher Kranken; das erkennt man in solchen Fällen, wo auf dem andren Auge der Schicht-Star noch erhalten geblieben. (Der Milch-Star[a] ist gleichförmig weiss, ohne jede Andeutung von strahlig-faseriger Linsen-Structur.) Manche Menschen gehen mit doppelseitigem Schicht-Star durch das ganze Leben und empfinden erst im höheren Alter eine stärkere Sehstörung. Der Arzt kann dann leicht einen unreifen Voll-Star annehmen, wenn er nicht bei genügender Pupillen-Erweiterung genau untersucht.[1])

a) Cat. lactea, c. fluida.

7. Trübe Streifen in der hinteren Rinde kommen nicht selten vor bei Erkrankungen des Augen-Innern, z. B. bei Aderhaut-Entzündung, bei Glaskörper-Leiden, und werden von diesem Gesichtspunkt aus mit dem Namen des Chorioïdal-Stars[2]) belegt. Selbst wenn das Sehvermögen scheinbar dem Grade der Linsen-Trübung entspricht, muss man bei Trübungen, welche in der hinteren Rinde anfangen, sorgfältig nach Veränderungen des Augengrundes forschen, wozu künstliche Erweiterung der Pupille und Vergleich des andren Auges, falls es das weniger getrübte ist, nothwendig werden kann.

Nicht selten gestaltet sich diese Star-Form zu einer schildförmigen Trübung um den hinteren Linsen-Scheitel, welche auch gelegentlich noch strahlige Ausläufer gegen den Aequator sendet.

8. Die hintere Scheitel-Trübung[a] erscheint als ein dunkler Punkt bei der Durchleuchtung; sie ist ein Ueberbleibsel der foetalen Glaskörper-Schlagader, sitzt also eigentlich hinter der hinteren Linsen-Kapsel und hat keine pathologische Bedeutung.

a) Cataracta polaris posterior.

Mitunter ist sie doppelseitig, aber nicht immer.

9. Bei leichteren Verletzungen des Linsen-Systems findet man eine sternförmige Trübung der hinteren Rindenschicht. Wichtig sind die Fälle, wo ein kleiner Metall-Splitter in der Linse haftet und ferner diejenigen, wo der Fremdkörper durchschlug und im Augengrund steckt. Im letzteren Falle ist mitunter das folgende Bild vorhanden: Umschriebene Hornhaut-Narbe von dem die Durchbohrung kennzeichnenden Verhalten, d. h. ein weisser Strich, Winkel, Fleck ohne Hofbildung; ein Loch in der Regenbogenhaut; schlauchförmige grauliche Trübung.

1) Vgl. meine Arbeit über Schicht-Star bei älteren Menschen, C. Bl. f. A. 1893, S. 225.

2) Netzhaut-Star wäre richtiger, da er z. B. bei der Pigment-Entartung der Netzhaut vorkommt. — Die Lehrbücher gebrauchen den Namen Chorioïditis zu reichlich. Nicht die Aderhaut, sondern die Netzhaut ist der licht-auffangende Schirm und die Hülle um den Glaskörper. Zur Netzhaut gehört die Pigment-Schicht, die nach aussen von der musivischen liegt.

welche die Linse von ihrer vorderen Fläche zur hinteren durchsetzt; zarte, sternförmige Unterlaufung der hinteren Scheitel-Gegend; kleine Flöckchen im Glaskörper; ein Fremdkörper, welcher in dem Augengrund haftet und mitunter an seinen Bruchflächen einen metallischen Glanz zeigt.[1])

10. Sehr wichtig ist es, vom Voll-Star die geschrumpften, unvollständigen, häutigen, oft auch mit der Iris verwachsenen Linsen-Trübungen mittelst der physikalischen Untersuchung zu unterscheiden, weil nur so ein richtiger Operations-Plan zur Beseitigung der Sehstörung gewonnen werden kann.

Solche Formen kommen hauptsächlich nach Verletzung vor. Aber es giebt auch angeborene.[2])

Fremdkörper in der Krystall-Linse müssen mittelst des physikalischen Verfahrens genau gesucht, untersucht, gezeichnet werden. Kleine Metall-Splitter, die aseptisch eingedrungen sind, können reizlos in der Linse einheilen, und zwar nicht blos Stahl-, sondern sogar auch Kupfer-Splitter.[3])

In meinen klinischen Tagebüchern finde ich (in 30 Jahren, unter fast 11000 Krankheits-Fällen) 14 Fälle von Eisen-Splittern in der Linse verzeichnet, die durch Operation entfernt worden sind.[4])

---

1) Dieser Zustand kann bei ziemlich guter Sehschärfe eine Zeit lang bestehen; ja ein umschriebener Verletzung-Star kann scheinbar schwinden, namentlich bei jugendlichen Kranken; meist aber tritt, wenn man die Beobachtung genügend lange fortsetzt, später vollständige Linsen-Trübung hinzu. Bei jugendlichen Kranken kann allerdings auch der vollständige Verletzung-Star, wenn die Kapsel-Wunde geräumig bleibt, ganz aufgesogen werden.

2) Namentlich in kleinen, nicht gehörig ausgewachsenen Augen. Ich habe sie mehrmals durch Iridocapsulo-tomie glücklich operirt, bei Kindern im ersten Lebensjahr; in einem Fall war das Schwesterchen mir gezeigt worden, mit Schrumpfung beider Augäpfel, wo man die gewöhnliche Extraction solcher Formen versucht hatte. — Die Zerschneidung mit der Nadel ist aussichtlos; die Ausziehung mit der Kapsel-Pincette bei schon etwas grösseren Kindern zulässig.

3) Tritt aber später auch Linsen-Trübung hinzu, so müssen die Splitter womöglich unmittelbar vor der Linsen-Entbindung herausgezogen werden: das gelingt allerdings mit Sicherheit nur bei denen, welche dem Magneten folgen. Oder man muss durch einen geräumigen Schnitt den Fremdkörper innerhalb des Verletzung-Stars herausbefördern und jedenfalls sich hüten, ihn in den Glaskörper hinein zu drücken.

4) Vgl. Electromagnet 1885, S. 26—34.

Ergebnisse der Magnet-Operation, A. f. O. XXXVI. Fall 68, Magnet-Operation, S. 102—107.

Eine gründliche Darstellung der Fremdkörper in der Linse hat Praun, Verletz. d. Auges, 1899, S. 310, geliefert.

Nur in einem Fall war der Splitter, wegen Pupillensperre, nicht zu sehen; wurde aber, aus der Kranken-Befragung und der Hornhaut-Narbe erschlossen und regelrecht entfernt. (Es war im Jahre 1869, also lange vor Sideroskop und Röntgen-Strahlen.) In den übrigen Fällen war der Splitter gut sichtbar, meist glänzend, entweder im Ganzen oder am vorderen Ende, manchmal schwarz; bei längerem Verweilen von einem Rost-Hof oder Mantel umgeben; auch die getrübte Linse bräunlich, selbst die Iris verrostet; in einem Fall, nach siebzehnjährigem Verweilen, lag ein dicker, morscher, bräunlicher Körper (von 2 × 3 Mm.) zwischen den beiden Kapsel-Blättern.

Hornhaut- und Kapsel-Narbe, gelegentlich ein Iris-Loch, in frischen Fällen die Linsen-Trübung am Fremdkörper und die strahlige in der hinteren Rinde, und natürlich neuerdings das Sideroskop und das Röntgen-Bild müssen zur Vervollständigung der Diagnose herbeigezogen werden.

Kupfer-Splitter in der Linse verrathen sich durch kupferrothen Glanz bei seitlicher Beleuchtung, namentlich unter Zuhilfenahme der Lupe.

Bei einem Officier sah ich in der durchsichtigen Linse hinter einander drei ganz kleine Kupfer-Splitter. Das Auge blieb gut bei der abwartenden Behandlung.

Das vor 5 Jahren verletzte linke Auge eines 15 j., welches noch heute feinste Schrift liest, zeigt eine umschriebene Linsen-Trübung und, in dieser vergraben, ein dunkles Splitterchen, das nur bei der Lupen-Betrachtung am vorderen Rand kupferroth schimmert. (Es war bei einer Kupferhut-Explosion ein kleines Metall-Splitterchen eingedrungen.)

Wenn auch für die Praxis gleichgiltig, so doch immerhin bemerkenswerth sind Anhäufungen von Cholestearin-Krystallen in der noch durchsichtigen Linse.

Im Jahre 1896 kam eine 72 j., welche bds., mit + 0,75 D, $S = {}^5/_9$ besass bei normalem Gesichtsfeld. Nicht blos im Glaskörper, sondern auch in der durchsichtigen Linse sind zahlreiche Cholestearin-Krystalle nachweisbar.

Bei der Durchleuchtung der Linse gewinnt man das Bild Fig. 84 A, bei der seitlichen Beleuchtung und Anwendung der Lupe Fig. 84 B: nur sind die Farben prächtiger, als sie dargestellt werden konnten.

a) Zonula. Das Aufhänge-Band[a] der Linse ist im normalen Auge hinter der Regenbogenhaut verborgen; es tritt zu Tage als feinste Faserung im Spalt der Regenbogenhaut, sei es im künstlichen, d. h. nach der Iridectomie, wie in Fig. 83, sei es im angeborenen; oder auch bei



Fig. 84.

vollkommenem Iris-Mangel, namentlich wenn dabei die Linse nach oben verschoben und somit der untere Theil des Aufhänge-Bandes gedehnt und verlängert ist.

19. Untersuchung des Glaskörpers.

Der Glaskörper ist ein durchsichtiges, weiches, halbflüssiges Schleim-Gewebe, welches den bedeutenden Zwischenraum ausfüllt zwischen Krystall-Linse und Netzhaut, (von vorn nach hinten etwa 16 Mm., von oben nach unten sowie von rechts nach links etwa je 22 Mm.,) und, wie ein Wasser-Kissen, die Netzhaut sanft in ihrer richtigen Lage erhält.[1])

Die hauptsächlichste Eigenschaft des Glaskörpers ist, wie bei der Krystall-Linse, Durchsichtigkeit; die hauptsächlichste Störung also Trübung.

Ferner kommen in Betracht Lage-Veränderung (Ablösung des Glaskörpers, sei es vorn, sei es hinten, auch Verdrängung), Dichtigkeits-Aenderung (einerseits Verflüssigung, andrerseits bindegewebige Verdichtung, auch mit Blutgefäss-Neubildung), eingedrungene Fremd-Gebilde, Verletzungen.

Die Entzündungen des Glaskörpers sind der Regel nach nicht selbständig,[2]) sondern von den umgebenden Häuten fortgeleitet.

---

1) In seiner Achse zieht vom Sehnerven-Eintritt zum hinteren Linsen-Scheitel der (Cloquet'sche) Central-Kanal, welcher im foetalen Auge die Glaskörper-Schlagader enthält, im ausgewachsenen wohl als Lymph-Bahn dient. — Der Glaskörper besteht aus feinem Maschen-Werk und klarer Flüssigkeit.

2) Neuerdings hat, in Uebereinstimmung mit Prof. Schmidt-Rimpler, auch Prof. Straub in Amsterdam die Hyalitis von der Cyklitis zu trennen versucht. Die Symptome der ersteren sind ähnlich, wie bei der experimen-

Auch die angeborenen Verbildungen des Glaskörpers sind der Regel nach mit Abweichungen in den umgebenden Theilen vergesellschaftet.

Glaskörper-Trübungen sind mitunter sehr leicht zu erkennen, aber keineswegs immer. Wenn die ganze Breite des Glaskörpers (oder wenigstens des ihn durchsetzenden Strahlen-Bündels) von trüber, undurchsichtiger Masse eingenommen wird; so kann das normale, rothe Licht aus dem Augengrund nicht wahrgenommen werden. Mitunter kehrt gar kein Licht zurück. Die Pupille bleibt schwarz bei der Durchleuchtung, sogar nach künstlicher Erweiterung. Dann ist der Glaskörper von dunklen, das Licht gar nicht durchlassenden Blut-Gerinnseln durchsetzt. Derjenige Zustand, wobei „der Kranke nichts sieht und der Arzt auch nichts sieht", bedeutet heutzutage nicht mehr, wie in den Tagen des geistreichen Philipp von Walther[1]) die Amaurose, sondern die vollständige Glaskörper-Blutung.[2]) Mit einiger Sorgfalt kann man allerdings auch hierbei noch etwas sehen. Man erkennt mitunter bei seitlicher

tellen Hyalitis im lebenden Kaninchen-Auge, nämlich Ausschwitzung in den Glaskörper, faserstoff-haltige Ausscheidung in der Pupille, Verwachsung des Pupillen-Randes mit der vorderen Linsen-Kapsel, Eiter-Absetzung in der Vorder-Kammer, erst Erhöhung, dann Verminderung des Augendrucks. (Bericht über den IX. internat. ophth. Congress zu Utrecht (Aug. 1900), Amsterdam 1900, S. 408. Vgl. C. Bl. f. A. 1900, S. 369.)

Ὑαλῖτις oder ὑελῖτις bedeutete bei den Griechen der Glas-Sand. (Ὑ. ἄμμος, Strabon, 6, S. 758; Theophrast, von den Steinen, § 49. Ἡ ὕαλος oder ὕελος das Glas.) Der Glaskörper hiess schon bei Rufos und bei Galenos ὑαλο-ειδὲς ὑγρόν, glas-artige Feuchtigkeit. Aus dieser Wurzel ist das heutige Wort Hyalitis, Entzündung des Glaskörpers, gebildet. Vgl. m. Wörterb. d. Augenheilk. S. 44, m. Gesch. d. Augenheilk. i. A., S. 193.

1) Die Lehre vom schwarzen Star, Berlin 1841, S. 5. Vgl. Th. I, S. 82, Anm. 6.

2) Die merkwürdige Aetiologie der selbständigen und vollständigen Glaskörper-Durchblutungen kann ich hier nur streifen.

In der Jugend-Blüthe sind gewöhnlich, aber nicht ausschliesslich, Veränderungen der Blut-Adern in der Netzhaut anzuschuldigen, im Greisen-Alter solche der Schlag-Adern, in der Mitte des Lebens Herz- und Nieren-Leiden; auch Zucker-Harnruhr, Malaria u. A., selbst Bluter-Krankheit (Wagenmann, A. f. O. XLIV, 1, S. 206, 1897) kommen in Betracht. Der Arzt soll aber auch wissen, dass im späteren Verlauf der syphilitischen Ader- und Netzhaut-Entzündung vollständige Glaskörper-Durchblutungen vorkommen, welche vernachlässigt zur Entartung des Augapfels führen, hingegen gründlich behandelt die Wiederkehr von Sehkraft zulassen. (Vgl. auch Th. Leber, Festschrift für Helmholtz von der Heidelberger ophth. G., 1891, S. 54 u. C. Bl. f. A. 1901, Jan.- u. Febr.-Heft.)

Beleuchtung blutige Auflagerungen an der Hinterfläche der Linse; besonders an ihrem unteren Rande einen blutigen Halbmond, den Ed. v. Jaeger richtig gesehen, aber als Blutung in den Petit'schen Kanal nicht ganz richtig gedeutet hat.

Dreifach sind die Ausgänge der vollständigen Glaskörper-Durchblutung: 1) Entartung von Glaskörper (und Netzhaut), wobei das Sehvermögen erlischt und die getrübte Linse uns den Einblick in's Augen-Innere abschneidet. 2) Verdichtung mässigen Grades, mit Erhaltung eines Restes von Sehkraft, wobei die Durchleuchtung uns einen bräunlichen Schimmer aus der Pupille liefert. 3) Auflösung mit Wiederherstellung befriedigender Sehkraft, die übrigens noch erfolgen kann, nachdem Kranker und Arzt acht und mehr Monate vergeblich darauf gewartet. Die Auflösung beginnt eben, sowie die Nachblutung aufhört. Der Kranke sieht wieder mit dem geschädigten Auge, wenigstens für Augenblicke und bei gewissen Kopfhaltungen. Der Arzt findet im Glaskörper einen dicken, undurchsichtigen Vorhang, der eben für Augenblicke emporklappt und den gewöhnlichen rothen Reflex vom Augengrunde herauslässt, ja sogar den Anblick von Sehnerv und Netzhaut gestattet.

Beiläufig möchte ich gleich erwähnen, dass man umschriebene Blut-Gerinnsel im Glaskörper meist nur als dunkle, schattende, d. h. licht-abschneidende Flocken im rothen Beleuchtungs-Felde auf- und niedertauchen sieht; die rothe Blutfarbe ist nur zu erkennen, wenn die Gerinnsel hinten an der Netzhaut haften und von hier aus ein wenig in den Glaskörperraum vorragen.[1]) Vermuthet man bei schwebenden Wolken im Glaskörper die blutige Beschaffenheit, so muss man sie erst, wie gewöhnlich, mit einem Auge durch das Loch des Spiegels betrachten, dann plötzlich das zweite Auge öffnen: so wird man sie blutigroth schimmern sehen.[2]) Das nicht spiegelnde Auge erhält dann schräg aus den vorderen Schichten des Gerinnsels zurückgeworfenes Licht; das spiegelnde Auge dagegen das nahezu senkrecht vom untersuchten Augengrunde zurückkehrende Licht, in welchem die Blutmassen als schattende Körper schwarz erscheinen.

Die meisten andren Körper, welche das den Glaskörper durchsetzende Strahlen-Bündel vollständig abschneiden, reflectiren genügend

1) Beispiel. Netzhaut-Gefässe mit — 4 *D* sichtbar; blut-rothe Glaskörper-Trübung mit — 1 *D*, also 1 Mm. vor der Netzhaut. Schwarze Trübungen im Glaskörper mit + 9 *D* und mit + 13 *D*, d. h. 4—5 Mm. vor der Netzhaut.

2) Der Electromagnet, 1885, S. 81.

an ihrer vorderen Fläche, um in eigenthümlicher gelber oder weisser oder bläulicher oder grüner Farbe zu erscheinen.

Wir wollen zunächst die durch Glaskörper-Trübungen bedingte Veränderung des Pupillen-Schwarz beschreiben, wie sie an dem erkrankten Auge hervortreten, wenn das letztere vom Arzt einfach bei der gewöhnlichen Tages-Beleuchtung betrachtet wird; dann die eigenartige Farbe der Glaskörper-Trübungen, wie sie bei Durchleuchtung des Auges oder bei seitlicher Beleuchtung zu Tage tritt. Natürlich ist für jeden bestimmten Fall eine gewisse Uebereinstimmung zwischen beiden Erscheinungs-Formen vorhanden.

Der Reflex aus der Pupille ist hell, weiss, gelbweiss, oder gelblich beim Markschwamm der Netzhaut; mattweiss oder grauweiss bei metastatischer Augen-Entzündung (Eiter-Senkung) in Folge von Meningitis bei Kindern, wenigstens nach einiger Zeit; und bleibt weiss, wenn schliesslich Linsen-Trübung hinzutritt. Messing-gelb ist der Reflex aus der Pupille, wenn der bindegewebig geschrumpfte Glaskörper die stark entartete Netzhaut erheblich nach vorn gezogen hat, während der grosse Raum zwischen Netzhaut und Aderhaut mit blutig-wässriger Flüssigkeit erfüllt ist. (Sogenanntes Pseudo-Glioma der Kinder.) Die metastatische (septisch-embolische) Vereiterung des Glaskörpers bei Erwachsenen (z. B. nach Puerperal-Fieber) giebt zunächst einen weissen Schimmer, der aber bald in einen gelben oder gelbgrünen übergeht. Deutlich gelb fand ich ihn 5 Wochen nach der Entbindung der Kranken. Gelb-grau war der Schimmer in einem Fall von Glaskörper-Verdichtung durch einen Blasenwurm[a]), der in einer Cyste der abgelösten Netzhaut sass. Die vollständige Vereiterung des Glaskörpers, wie sie z. B. durch Eindringen eines septischen Splitters in denselben hervorgerufen wird, giebt zunächst einen weissen Schimmer; aber schon nach mehreren Tagen, oder nach 1—2 Wochen, wird die Färbung gelb, gelegentlich auch grün-gelb. Einen Monat, zwei Monate nach schwerer, septischer Messerstich-Verletzung fand ich den Schimmer hell-gelb, gold-gelb mit röthlichen Streifen. Grünlich ist der Schimmer bei Durchblutung des Glaskörpers, bläulich bei dicker Ausschwitzung in denselben; diese grünliche und bläuliche Farbe pflegt bei längerem Bestand in eine gelbliche überzugehen.

a) Cysticercus.

Wenn gleich auf die Farbe des Schimmers allein noch keine sichere Diagnose zu bauen ist, so kann man doch heutzutage nicht mehr einen allgemeinen und unklaren Begriff des

amaurotischen Katzen-Auges[1]) zulassen. Versucht man bei derartig starken Trübungen des Glaskörpers, oder bei nur wenig geringeren, mittelst der physikalischen Untersuchung etwas genaueres zu erkennen: so zeigt sich hier die seitliche Beleuchtung i. A. werthvoller, als die Durchleuchtung; doch kann auch die letztere, bei licht-starkem Spiegel, mittelst des aus den vorderen Schichten der Trübungs-Massen zurückgeworfenen Lichtes verwerthbare Bilder gewähren.

Messinggelb sieht der Eiter oder das von Eiter durchsetzte Bindegewebe aus, wie es nach schweren durchbohrenden Verletzungen der Augenhäute im ganzen Augen-Innern sich bildet, oder, durch Senkung im Scheiden-Kanal des Sehnerven, von den Hirnhäuten aus bis in den Glaskörper gelangt.[2]) Bläulich sind die mächtigen Ergüsse, welche kulissen-artig einen grossen Theil des Augengrundes verdecken; sie werden röthlich-gelb, wenn sie später von neugebildeten Blutgefässen durchsetzt sind. Grauröthlich-markig mit kreideweissen Flecken erscheint die in den Glaskörper eindringende Neubildung des Netzhaut-Markschwamms, während das mehr oder minder pigmentirte Sarcom der Aderhaut bei seitlicher Beleuchtung gewöhnlich eine gelbe, bernsteinartige oder, wenn dicht hinter der Linse gelegen, selbst sammtbraune Farbe darbietet. Die weit vorgeschobene und dann auch immer entartete Fläche der abgelösten Netzhaut ist hellweisslich, die um Blutklumpen, Fremdkörper, Blasenwürmer befindliche Kapsel-Schicht

---

1) J. Beer (Augenkr. II, S. 495, 1817) verstand darunter die zweite Gattung des schwarzen Stars: „Die Pupille ist erweitert. Im Hintergrund des Auges, sehr weit von der Pupille entfernt, entwickelt sich ganz deutlich eine concave bleichgraue oder weisslich-gelbliche, sehr in das röthliche schielernde Verdunklung . . . (Später) erblickt man bei genauer Besichtigung des Auges meistens ein sehr zartes Blutgefässnetz auf dem getrübten Hintergrunde, welches nur die gewöhnliche Verästelung der Centralschlag- und Blutader zu sein scheint. Ein solches Auge leuchtet dann im Halbdunkel gelblicht oder röthlicht, jedoch nur bei gewissen Stellungen des Augapfels, und erhält eben dadurch einige Aehnlichkeit mit dem Katzenauge.“

Ueber die vergeblichen Versuche, Beer's amaurotisches Katzen-Auge einheitlich zu deuten, vgl. m. Markschwamm der Netzhaut, 1869, S. 179. Ebendaselbst, S. 188 in Fig. 14 ist gezeigt, wie ein nicht weit hinter der Krystall-Linse liegender Punkt, wenn er von aussen her beleuchtet wird, ein stark divergentes Strahlen-Bündel nach aussen zurückwirft. (Vgl. Th. I, S. 92, Fig. 33, ob. Pfeil.)

2) Auf den Glaskörper-Abscess werde ich am Schluss dieses Abschnitts noch zurückkommen; auf die Netzhaut- und Aderhaut-Geschwülste an andrer Stelle.

bläulichweiss, während ich bei Splittern, die im Augengrunde festsitzen, auch reinweisse Hüllen gesehen habe.

Soviel zunächst über die mächtigeren und ausgedehnteren Glaskörper-Trübungen, welche das in das Auge eindringende Licht ziemlich vollständig abschneiden.

Diesen genau entgegengesetzt sind die kleinsten und feinsten. Unter diesen giebt es einige, welche gar keine pathologische Bedeutung besitzen, z. B. ein schwärzlich erscheinendes Pünktchen im vordersten Theil des Glaskörpers, das bei Bewegungen des untersuchten Auges emporgeschleudert wird, oder eine etwas tiefer sitzende, rundliche, grauliche Schliere des Glaskörpers, die ich namentlich in den stärker übersichtigen, d. h. nicht voll entwickelten Augäpfeln gefunden habe.

Von den umschriebenen Trübungen im Glaskörper sind die feinsten nicht so leicht zu sehen. Namentlich wird derjenige sie öfters übersehen, der sich damit begnügt, das Pupillen-Feld einfach aus der Entfernung der deutlichen Sehweite (10″ = 25 Ctm.) zu beleuchten; oder (was für gröbere Flöckchen nützlich scheint) eine starke Sammel-Linse (von 2″) erst auf den Augengrund einzustellen, dann dieselbe ganz langsam von dem untersuchten Auge zu entfernen, bis sie schliesslich das umgekehrte Bild der Iris entwirft, um so gewissermaassen den ganzen Glaskörper zu bestreichen. (Verfahren von Knapp.) Weit sicherer ist es, den umgekehrten Weg einzuschlagen und ein Hilfsglas von etwa 2″ (= 20 *D*) hinter dem Loch des Spiegels anzubringen, mit diesem erst Hornhaut, Vorderkammer, Pupillen-Gebiet und Krystall-Linse zu durchforschen und dann den Glaskörper zu betrachten.

Wenn der für seinen Fernpunkt eingestellte Beobachter mit der Linse von + 2″ (= 20 *D*) hinter dem Augenspiegel der Hornhaut allmählich sich annähert, so werden bei einer Entfernung von nahezu 2″ plötzlich die feinen Trübungen der Hornhaut ihm deutlich sichtbar; um Pigment-Fleckchen auf der Vorderkapsel, die jetzt schon im Zerstreuungs-Bild erscheinen, ganz scharf begrenzt zu sehen, muss er sich weiter annähern; noch ein wenig mehr für die Trübungen im vorderen Theile des Glaskörpers. Sind diese erforscht, so kann man (die Scheibe des Augenspiegels drehen und) die tieferen Theile des Glaskörpers mit + 3″, + 4″, + 6″, + 12″ (13 *D*, 10 *D*, $6^1/_2$ *D*, 3 *D*), in seltnen Fällen sehr tief sitzende Trübungen stark kurzsichtiger Augen sogar mit Zerstreuungs-Gläsern ganz genau untersuchen.

So bekommt man eine sinnliche Anschauung von der räumlichen Vertheilung der Punkte, Fädchen, Häutchen im

ganzen Glaskörper bis zum Augengrund, auf den man schliesslich einstellt, und hat gleichzeitig den Vortheil eines grossen Gesichtsfeldes, da das Auge des Beobachters der Pupille des Untersuchten sehr nahe sich befindet. Bewegungen des untersuchten Auges sind zu Hilfe zu nehmen, damit die während seiner Ruhe gesenkten Trübungen im Beleuchtungsfelde auftauchen.

Also drei Verfahren stehen uns zu Gebote, um Glaskörper-Trübungen, die wir in dem untersuchten Auge vermuthen, wirklich zu finden: 1) Die einfache Durchleuchtung des bewegten und nach der Bewegung still-stehenden Auges; 2) das umgekehrte Bild mit + 2″; 3) das aufrechte Bild mit verschiedenen (hauptsächlich starken Sammel-) Gläsern. Alle drei sind anzuwenden. Am leistungsfähigsten ist das letztgenannte Verfahren. Aber in Einzelfällen schafft uns auch das erste oder das zweite zunächst die richtige Diagnose, die dann durch die andren Verfahren bestätigt und erweitert wird.

Sehr oft werden mit Hilfe des dritten Verfahrens Trübungen entdeckt, die schon ziemlich geübten Beobachtern, welche die andren Verfahren anwandten, entgangen waren. Man wird sich leicht überzeugen, dass die diffuse Trübung des Glaskörpers, von welcher die Lehrbücher sprechen, hauptsächlich subjectiv ist; objectiv kann man bei der beschriebenen Vergrösserung immer geformte Trübungen nachweisen. Man kann sich ferner überzeugen, dass, wie in der Hornhaut, so auch im Glaskörper die stärker entzündliche (exsudative) Trübung fast immer Spuren für das ganze Leben zurücklässt.

Glaskörper-Trübungen, welche nahe dem Augengrund sich befinden, werfen einen Schatten auf die Netzhaut, namentlich wenn die Kranken auf den Himmel oder auf eine ausgedehnte helle Fläche blicken.[1]) Der Schatten wird von den Kranken wahrgenommen: sie sprechen von (feineren) Perlschnüren oder von (gröberen) Mücken, die vor ihrem Auge schweben und tanzen.

---

1) Die genauere Erläuterung dieses Vorgangs wird in dem Abschnitt von den subjectiven Erscheinungen folgen. Daselbst werden auch die Namen erklärt, namentlich das grässliche Myodesopsie für „Mücken-Sehen". (Selbst wenn man grammatisch richtiger μυιοειδὴς ὄψις sagte, würde ein Unsinn herauskommen, da nicht das Sehen fliegen-artig ist, sondern das Geschene. [μυῖα, die Fliege.]) Vgl. m. Gesch. d. Augenheilk. i. A., S. 108. — Die erste vollständigere Arbeit über die mit dem Augenspiegel sichtbaren Glaskörper-Trübungen verdanken wir A. v. Graefe, A. f. O. I, 1, 351, 1854. Er spricht auch schon von einem „unendlich feinen Staub".

Versucht man nun die persönlichen Angaben der Kranken mit dem thatsächlichen Befunde zu vergleichen, so wird man bei Klagen über Perlschnüre u. dgl. fast niemals (aber doch ausnahmsweise[1]) ganz feine, fädchen-artige) Trübungen im Glaskörper finden; dagegen wenn Mücken, Spinnen, Fliegen u. dgl. dem Kranken vorschweben, bei künstlich erweiterter Pupille und richtiger Untersuchung fast ausnahmslos dunkle, mit fadigen (oder schlauch-artigen) Fortsätzen versehene Massen im Glaskörper entdecken, meistens auch eine (mehr oder minder) umschriebene Herd-Erkrankung im Augengrunde, die das Glaskörper-Leiden verursacht hat.

Ein Fall der fliegenden Mücken ist besonders scharf gekennzeichnet. Wenn ein stark Kurzsichtiger, bei dem Ursachen zur Venen-Stauung vorhanden sind, ganz plötzlich eine fliegende Mücke wahrzunehmen anfängt und alsbald zum Arzte kommt; so findet dieser, falls er genau untersucht, dass die Mücke blutig ist, d. h. eine Netzhaut-Blutung das schatten-werfende Gebilde im Glaskörper veranlasst hat: er hat Recht, von einem geplatzten Aederchen, wenigstens dem Kranken gegenüber, zu sprechen und i. A. eine gute Vorhersage zu stellen, wiewohl der Schatten lange, vielleicht für immer, wenn auch verkleinert, zurückbleiben wird.

1. Fall. Am 6. Juli 1889 kam ein 45jähriger Herr mit der Angabe, dass seit einem Tage ein schwarzer Körper mit Fortsätzen vor seinem rechten Auge schwimmt. Bds. Sn. $1^1/_2$ in 6″, Gesichtsfeld normal. Fettleibigkeit; Urin *n.* Der Augenspiegel zeigt rechts, nach Pupillen-Erweiterung: 1. eine etwa 2 Mm. lange, schmale, dunkelbraune Trübung im Glaskörper, dicht vor, bezw. neben dem Sehnerven-Eintritt; 2. ungefähr 8—10 Mm. unterhalb des Sehnerven einen schmalen, aber (8—10 Mm.) langen Blut-Streifen auf der Netzhaut; 3. weiter nach unten, in der Peripherie einige helle, weisse Herde von Aderhaut-Schwund und an denselben eine rundliche, mässige Netzhaut-Blutung. — Die Netzhaut-Blutungen verschwanden im Laufe des Jahres 1889. Nach ungefähr 2 Jahren, am 25. Juni 1891, ist die Sehkraft wie zuvor, der Schatten noch sichtbar; und natürlich eine fadige Glaskörper-Trübung. Ebenso 1900, nach elf Jahren.

2. Fall. Ein kurzsichtiger, sehr fettleibiger 30jähriger Gelehrter, der den ganzen Tag und oft die Nächte hindurch schriftlich arbeitet, kommt wegen einer fliegenden Mücke, die seit einem Tage seinem rechten, stärker kurzsichtigen Auge vorschwebt.

R. Sn. $1^1/_2$ in $3^1/_2$″. L. Sn. $1^1/_2$ in 9″. Gesichtsfeld normal, Urin *n.* — Blut normal. Herz verbreitert (durch Fett-Auflagerung), Puls beschleunigt und etwas unregelmässig. Tiefen-Durchmesser des Brustkorbs vergrössert,

---

1) Wenn die Durchsichtigkeit des untersuchten Auges sehr vollkommen, die Pupille gut erweitert, der Kranke bequem zu prüfen, das Gebilde schon etwas grösser ist.

das Zwerchfell steht hoch, Leber- und Milz-Dämpfung etwas vergrössert. (Wohl durch Stauung.)

Der Augenspiegel zeigt mir seinen rechten Sehnerven mit — 3″ (13 *D*), und davor im Glaskörper (mit — 20″ = 2 *D*)[1] ein zartes Netz von Fädchen mit dickeren Stellen, wie es scheint, von blutiger Masse; durch Fäden übergehend nach aussen-unten in einen Blut-Klumpen, welcher, etwa 10 Mm. nach aussen-unten von der Grube, an der Netzhaut haftet und zwar grade an einem rundlichen, weissen, atrophischen Herde, wo die Lederhaut durchscheint; von dem Blut-Klumpen geht ein venöser Ast aus, der rings von einer scheidenförmigen Blutung umhüllt ist bis zur Einmündung in einen Venen-Ast dritter Ordnung. Dicht bei der Einmündungs-Stelle sitzt noch eine kleine Netzhaut-Blutung.

Es liegt nahe, die folgende Vermuthung aufzustellen. An der Stelle des weissen Herdes ist Netz- und Aderhaut mit der Lederhaut verwachsen, ein Hinderniss für den venösen Rückfluss gegeben. Dieser Rückfluss wird völlig gehemmt durch Hinzutreten einer Stauungs-Ursache, die bei dem fettleibigen, übermässig sitzenden Manne leicht vorkommt. Es zerreisst die Vene an der Verwachsungs-Stelle u. s. w. Merkwürdig erscheint nur, dass das Blut, welches in den Glaskörper eingedrungen, so weit emporsteigt. Das kann von vorher bestehenden Aenderungen des Glaskörpers (Taschenbildungen, bei Langbau) abhängen.

Auch dieser Fall verlief günstig, bei bisher 4 j. Beobachtung. Gelegentlich aber sah ich aus der blutigen Mücke später doch Netzhaut-Ablösung sich entwickeln. Uebrigens kann auch in emmetropischen Augen umschriebene Netzhaut-Blutung durch das Mittelglied von Glaskörper-Trübung schliesslich Netzhaut-Ablösung veranlassen, namentlich bei specifischer Erkrankung der Netzhaut-Gefässe.

Recht eigenartig sind die Glaskörper-Trübungen, welche bei den lachen- und kulissenartigen Netzhaut-Blutungen (in Folge der Verödung von einzelnen Netzhaut-Schlagadern) späterhin im Fortschritt

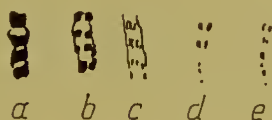


Fig. 85.

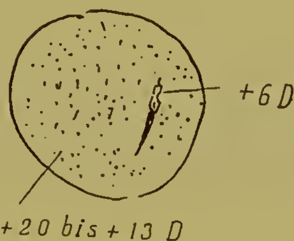


Fig. 86.

der Heilung sichtbar werden. Fig. 85 zeigt, wie eine solche Trübung, welche die Gestalt eines Schachtelhalmes darstellt, im Laufe einiger Monate allmählich der Auflösung verfällt.

---

1) Hier haben wir ein Beispiel, wo eine Glaskörper-Trübung in der Tiefe eines kurzsichtigen Auges im aufrechten Bilde mit einem Zerstreuungs-Glas gesehen wird.

Bei den merkwürdigen[1]) N e t z h a u t - und G l a s k ö r p e r - B l u t u n g e n j u g e n d l i c h e r Personen findet man in den früheren Stadien bläuliche, zum Theil traubenförmige Massen, welche an den grossen Netzhaut-Blutungen haften und in den Glaskörper hervorragen; in den späteren Stadien feine, fast staubförmige Trübungen in den vordersten Theilen des Glaskörpers, etwas gröbere Flocken mehr in der Tiefe desselben. (Fig. 86, S. 179.)

Ausser den t y p i s c h e n Fällen, auf die wir bei den Erkrankungen der Netzhaut noch zurückkommen, giebt es noch zartere Formen von staubförmigen Glaskörper-Trübungen, welche bei jugendlichen Kranken sich finden und auf Netzhaut-Blutung beruhen.

Hier möchte ich zwei allgemeinere Bemerkungen anschliessen:

1) Netzhaut-Blutungen, welche bis in den Glaskörper hineinragen, bedecken sich mit b l ä u l i c h e n Auflagerungen, Kulissen, Trauben. Die bläulichen Massen im Glaskörper bleiben länger bestehen, als das Blut in der Netzhaut. Mitunter ist es recht schwierig hinter den bläulichen Massen des Glaskörpers noch das Blut auf der Netzhaut zu erkennen. Man muss seine Blick-Richtung wechseln, bis man hinter einem Rand der bläulichen Auflagerung noch den blutrothen Grund entdeckt, auf dem die erstere haftet. Die bläulichen Massen können in Bindegewebe sich umwandeln und auch neugebildete Blutgefässe erhalten.

2) Die s t a u b f ö r m i g e T r ü b u n g im vorderen Theile des Glaskörpers ist kennzeichnend für syphilitische Erkrankungen des Augengrundes (der Netzhaut und der Aderhaut). Sie findet sich aber auch, wenn gleich ein wenig gröber und mehr mit Flöckchen gemischt, bei gewissen Netzhaut-Blutungen und bei kurzsichtigen Netzhaut-Abhebungen.

Der f e i n e s p e c i f i s c h e G l a s k ö r p e r - S t a u b w i r d v o n v i e l e n B e o b a c h t e r n v ö l l i g ü b e r s e h e n.[2]) Derselbe ist überhaupt nur nach Erweiterung der Pupille mit + 20 oder + 13 *D* hinter

---

1) Merkwürdig erstlich durch die s t a r k e n Sehstörungen, (z. B. $S = 1/\infty$ mit vollständigem Ausfall des halben G. F.), welche v o l l s t ä n d i g h e i l e n können; zweitens durch die Wiederkehr und drittens durch die Dunkelheit der Ursache. (H. F r i e d e n w a l d hat im C. Bl. f. A., Febr. 1896, Fälle veröffentlicht, die durch sichtbare Netzhautvenen-Erkrankung bedingt waren. Mitunter ist angeborene Lues die Ursache. Vgl. C. Bl. f. A. 1901, Jan.)

2) Besonders häufig auch auf dem zweiten Auge, wenn auf dem ersterkrankten eine stärkere Herd-Veränderung des Augengrundes den Blick des Beobachters ausschliesslich fesselt. — Specifisch soll hier syphilitisch bedeuten.

dem Spiegel sichtbar, am besten wenn man ihn auf das helle, weissliche Zerstreuungs-Bild des Sehnerven projicirt.

Mitunter sind in dem Punkt-Gewirr, das eine langsam fliessende Bewegung zeigt, einzelne aus Punkten zusammengesetzte, auch verästelte Fäden zu sehen. Daneben findet man meistens kleine, helle Herde im Augengrund, hauptsächlich in der Peripherie, besonders nach unten zu; das Auge liest oft genug noch feinste Schrift, bei normalem Gesichtsfeld. Gelegentlich ist auch bei ganz zarten, hellen Herden in der Mitte des Augengrundes[a] die Entdeckung staubförmiger Glaskörper-Trübung bestimmend für die Auffassung des Falls und für — seine Heilung.

a) Chorioretinitis centralis.

Aber auch diese Trübung wird gröber, namentlich in vernachlässigten und eingewurzelten Fällen: aus den Punkten werden Fäden, aus den Fäden weben sich Häutchen, aus den Häutchen Flocken und Klümpchen, bis das Augengrund-Bild ganz verwischt und verschleiert wird; die begleitenden, bezw. verursachenden Herd-Erkrankungen, besonders in der Peripherie, bleiben dann fast unsichtbar, bis es wieder gelingt, durch kräftige Quecksilber-Einwirkung einige Auflösung und Besserung zu erzielen. Hierher gehören auch die Fälle von Netzhaut-Ablösung, welche durch Quecksilber geheilt werden.

Neben den specifischen verdienen die diabetischen Glaskörper-Trübungen besondere Beachtung, namentlich die feineren. Richtige Diagnose ist auch hier nicht blos eine Zierde für den Arzt, sondern auch ein grosser Vortheil für den Kranken.

Beispiel. Am 22. VI. 1896 kam ein 63 j. Vor 5 J. sah er Flecke vor den Augen, erhielt von einem Fachgenossen sofort Einreibungen, obwohl er nie Lues gehabt, — ohne Erfolg. R. $S\ ^5/_{10}$, L. (mit — 0,75 D. c. ⇛→) $^5/_6$, G. F. *n.* Der Urin enthält reichlich Zucker!, aber auch deutlich Eiweiss.

Diabetes ist in der Familie.

Bds. besteht zarte Linsen-Trübung, kurze Rinden-Speichen am Aequator rings herum und zahlreiche punktförmige Linsen-Bläschen im ganzen Bereich des Pupillen-Gebietes. Beiderseits besteht zarte Glaskörper-Trübung, sowohl staubförmige, als auch klein-flockige. Der rechte Sehnerv ist etwas blass in der Schläfenhälfte.

Mitunter ist gleichzeitig frischere Zuckerkrankheit und alte Lues[1]) als Ursache der Glaskörper-Trübung vorhanden. Es ist schwer die Rollen zu vertheilen, aber nothwendig bei der Behandlung die beiden ursächlichen Momente zu berücksichtigen.

Eine 45 j. Frau kam 30. V. 95. Vor 20 Jahren litt sie an Netzhaut-Ent-

1) Die Beziehungen zwischen Lues und Zuckerkrankheit erheischen genauere Beachtung.

zündung des r. Auges, das seitdem schwächer geblieben. (Ret. specif.) Seit einigen Wochen sieht sie links einen Schatten, „wie den Rand des Kneifers“.

+ 1,5 *D* R. $S = {}^5/_{60}$, L. $^5/_6$, G. F. *n*. Der Urin enthält 3,6% Zucker. [Nach achttägigem Gebrauch von Mühlbrunnen und richtiger Lebensweise 0,7%, weiter hin null, 31. X. 95 ein wenig, dann Anfang 1896 null.] Rechts periphere helle Herde. L. eine halbmondförmige, fadige Glaskörper-Trübung dicht vor dem Sehnerven und ausserdem punktförmiger Staub im Glaskörper. Der letztere konnte noch Monate lang, unter der Behandlung mit *Hg* und *Kj*, nachgewiesen werden. 18. II. 96 L. $S = {}^5/_9$ bis $^5/_6$.

Die gröberen Glaskörper-Trübungen bei Zuckerkranken entstehen I) als Folge von Netzhaut-Blutungen, II) neben Netzhaut-Veränderungen stärkerer Kurzsichtigkeit.[1]) Die ersteren ragen öfters als bläuliche Kulissen vom Augengrund in den Glaskörper vor.

Wichtig, wenn auch nicht entscheidend für die Diagnose, sind die Glaskörper-Trübungen bei Netzhaut-Ablösung. Sie fehlen so gut wie nie.[2]) Netzhaut-Ablösung ist Glaskörper-Leiden. Man muss bei erweiterter Pupille im aufrechten Bilde untersuchen: dann findet man dunkle fadige und klumpige Massen theils unmittelbar an der abgelösten Netzhaut, theils in geringer Entfernung von der letzteren; z. B. mit + 5 *D* hinter dem Augenspiegel, während man die Falten der Ablösung mit + 2 *D* wahrnimmt, so dass der Abstand zwischen Trübung und Ablösung auf 1 Mm. zu veranschlagen ist.

Stärkere Glaskörper-Trübungen, Flocken, Fäden, auch verästelte, Häutchen, Ringe mit Fortsätzen u. dgl., gehören bei der kurzsichtigen Netzhaut-Ablösung zu den gewöhnlichen Befunden.

Ganz starke Glaskörper-Trübung findet man bei dem seltnen, akuten, schmerzhaften Beginn der kurzsichtigen Netzhaut-Ablösung, zusammen mit Erweichung des Augapfels und bedeutender Vertiefung der Vorderkammer,[3]) Abknickung der Iris-Wurzel.

Die gröberen, geformten Glaskörper-Trübungen (Fäden, Stränge, mit Verästelungen, auch Schlingen und geschlossene Ringe mit Fortsätzen, Klümpchen, Häutchen u. dgl.) sind meist beweglich, jedoch nur in gewissem Maasse, so dass sie in einer mit wässriger Flüssigkeit gefüllten Tasche des Glaskörpers hin und her schwimmen.

---

1) Die Kurzsichtigkeit kann oberflächlichen Beobachtern wohl die Zuckerkrankheit verdecken.

2) Die Hypothese, dass Schrumpfung auch des durchsichtigen Glaskörpers Netzhaut-Ablösung bewirken könne, scheint mir fast überflüssig.

3) Die drei durch gesperrten Druck hervorgehobenen Zeichen schwinden wieder, aber niemals diese Form der Ablösung, die zu den schlimmsten gehört. Ich habe diese akute Erweichung des Augapfels als Gegenstück der akuten Drucksteigerung beschrieben. (C. Bl. f. A. 1898, S. 207.)

bei den plötzlichen Bewegungen des untersuchten Auges emporwirbeln und, nachdem das letztere seine Ruhelage wieder angenommen, langsam zu Boden sinken.

Gelegentlich sitzen aber die Trübungen am Augengrunde fest als verästelte Fäden und Züge. Das kommt vor bei Herd-Erkrankungen des Augengrunds in Folge übermässiger Kurzsichtigkeit und ist mitunter die Ursache der Netzhaut-Ablösung, wenn die Schrumpfung des Strangs erfolgt und dadurch Abzerrung der Netzhaut.[1]) Festsitzende Trübungen finden sich auch bei den Blut-Ergüssen der Netzhaut. An den weisslichen, blut-umsäumten Herden der septischen Netzhaut-Embolie (z. B. im Kindbett-Fieber) ist ein festsitzender Pinsel von Glaskörper-Trübung zu beobachten, — ein seltnes Ereigniss.

Die meisten Fälle der verästelten, beweglichen Glaskörper-Trübungen beobachten wir bei der starken Kurzsichtigkeit. Sitzt die Trübung der Netzhaut sehr nahe, so dass der Schatten von dem Kranken deutlich wahrgenommen wird und gezeichnet werden kann; so finden wir das aufrechte Bild der Trübung, das wir zeichnen, natürlich verkehrt gegen die Zeichnung des Kranken.[2])

Bei ruhigen Kranken können wir die Structur der fadigen Glaskörper-Trübungen erforschen. Sie sind keineswegs ganz undurchsichtig, sondern oft genug bläuliche, röhrenförmige Gebilde.

Im Glaskörper eines 16j. mit angeborener Lues und Netzhaut-Ablösung des kurzsichtigen Auges sah ich (mit + 2 *D* hinter dem Spiegel) eine tiefsitzende Anordnung von Flocken und verbindenden Fäden, die bei den Bewegungen des Auges schwanken, nach denselben aber sehr bald ihre Lage vor dem Sehnerven wieder einnehmen; dieselben erscheinen für gewöhnlich schwarz, gelegentlich aber, bei wechselnder Richtung des Licht-Einfalls, auch zart rosa oder grau durchscheinend; in einzelnen grösseren beobachtet man auch glitzernde Pünktchen.

Ein sehr eigenthümliches Bild liefern die Krystalle des Glaskörpers.[3]) Dieselben müssen bei der Durchleuchtung (durch das von

1) Gelegentlich kann man bei dieser Beobachtung (dem Haus-Arzt) das spätere Eintreten der Netzhaut-Ablösung vorhersagen.

2) Zeichnet der Kranke eine nach unten offene Schleife, so zeichnen wir im aufrechten Bilde die Schleife nach oben offen. Ein in der kranken Netzhaut nach unten gelegner Punkt wird ja in die obere Hälfte des Gesichtsfeldes hinein projicirt.

3) Gewöhnlich Synchysis scintillans, d. h. funkelnde Glaskörper-Verflüssigung genannt. (Himly II, 365; Desmarres und die Neueren.) Bei den alten Griechen bedeutete Synchysis das Zusammenrühren der sogenannten Augenfeuchtigkeiten: Kammerwasser, Linse, Glaskörper. (Vgl. Gesch. d. Augenheilk. i. A., S. 394. — σύγχυσις, das Zusammengiessen, confusio, μίξις

ihnen nach vorn regelmässig zurückgeworfene Licht) als hellglitzernde Punkte im rothen Beleuchtungs-Feld erscheinen. Sind sie sparsam, weit nach hinten gelegen und wenig beweglich; so werden sie leicht übersehen, — nicht blos von Anfängern. Denn in manchen Jahresberichten finde ich einen bis zwei Fälle auf 10000 Augenkranke. In der That ist die Veränderung weit häufiger anzutreffen,[1]) wenn man den Lupen-Spiegel richtig handhabt und mit + 20 *D* bis 0 den Glaskörper von vorn nach hinten, bis zum Augengrund, durchmustert. Schon in der Blüthezeit des Lebens, in den dreissiger Jahren, bei emmetr. Bau und voller Sehkraft, findet man verschiedene Fälle; mehr bei älteren Leuten, neben einzelnen Streifen in der Linse, oder leichten Veränderungen des Augengrundes, namentlich kleinen Glaskörper-Flocken oder Netzhaut-Blutungen. Bei länger bestehendem Alter-Star findet man gelegentlich nicht blos glitzernde Punkte unter der Vorderkapsel der Linse, sondern auch, nach gelungener Ausziehung, den ganzen Glaskörper von solchen durchsetzt, so dass man die vordersten Krystalle sogar mittelst seitlicher Beleuchtung dicht hinter der tiefschwarzen Pupille wahrzunehmen im Stande ist.

Gelegentlich werden die Schatten-Bilder der hintersten, der Netzhaut nahen Krystalle von den Kranken wahrgenommen und als Funken-Sehen beschrieben, oder auch als Aufwirbeln dunkler Schneeflocken geschildert. Sind sie sehr zahlreich, so tritt doch einige Sehstörung auf, selbst bei völlig normalem Augengrunde.

Ein älterer Eisen-Arbeiter, welcher bei der Arbeit sein rechtes Auge durch Verletzung eingebüsst, musste 50% Entschädigung erhalten, da die Sehkraft seines linken Auges durch Glaskörper-Krystalle auf kaum $^1/_2$ herabgesetzt war. — Ein 62j. Weber hatte (Jan. 1875) rechts $S = {}^1/_2$; links $^1/_{20}$, bei normalem Augengrunde. Ausserordentlich grosse und bewegliche Krystalle wirbeln im Glaskörper auf, wie Flocken des dichtesten Schnee-Gestöbers. Auch die im umgekehrten Bilde dicht vor dem Augengrunde sichtbaren sind einigermaassen beweglich und bleiben bei ruhiger Haltung des untersuchten Augapfels nicht lange an Ort und Stelle. Die Zerstreuungsbilder der Krystalle hindern die scharfe Wahrnehmung des Augengrundes. Bei grade-aus gerichteter Seh-Achse des untersuchten Auges wird etwa ein Drittel des (künstlich erweiterten) Pupillen-Gebietes von den Krystallen eingenommen, welche nicht allein durch Zurückwerfung des einfallenden

---

τῶν ὑγρῶν, die Vermischung der [Augen-]Feuchtigkeiten.) Sichel d. V. erfand den Namen Spinther-opie, von σπινθήρ Funken, ὤψ das Sehen.

1) Schon vor 20 Jahren zählte ich einen Fall auf 2000 Augenkranke; seitdem, mit wachsender Uebung, weit mehr.

Mauthner (Ophthalmoscopie 1868, S. 152) betont, dass er einen Fall bei nahezu normaler Sehkraft gesehen; Wecker hatte schon mehrere beobachtet, (Etud. ophth., II, 298, 1866.)

Lichtes nach aussen, sondern auch durch unregelmässige Licht-Zerstreuung die Sehkraft erheblich stören müssen.

Sind die Krystalle im Glaskörper zahlreich und gross, so erkennt man die silber-glitzernden Punkte in dem rothen Beleuchtungs-Felde schon bei einfacher Durchleuchtung. Sind sie sparsam und klein, so ist die genauere Einstellung sowie die Vergrösserung mittelst der hinter dem Spiegel angebrachten Lupe nothwendig. Durch Wechsel des Lupen-Glases erfahren wir auch, ob die glitzernden Punkte den ganzen Glaskörper durchsetzen, oder ob sie sich auf den vorderen oder den hinteren Theil desselben beschränken.

Vergrössert erscheint der glitzernde Punkt als kleine Fläche oder Tafel; aber das bekannte Bild[1] der Cholestearin-Krystalle, welches uns im Mikroskop bei schwacher (etwa 30-facher[2]) Vergrösserung erscheint, habe ich mit dem Augenspiegel niemals zu erkennen vermocht.

Wenn in einem Falle die Krystalle im Glaskörper am besten mit einem bestimmten Sammel-Glas hinter dem Augenspiegel uns erkennbar werden, so nehmen sie eine bestimmte Schicht im Glaskörper ein, worüber ein Durchschnitt des Auges nebst annähernder Berechnung genügend Aufschluss giebt.

Fig. 87 bezieht sich auf einen 73jährigen, der wegen Sehstörung (durch Tabak-Missbrauch?), ohne Spiegel-Befund, 1893 und 1894 in Behandlung war und gebessert wurde.

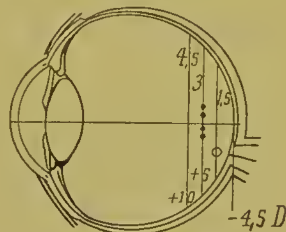


Fig. 87.

Ich sah die Netzhaut-Schale des Auges mit — 4,5 *D* am schärfsten, die Krystalle im Glaskörper hauptsächlich mit + 5 *D*; folglich lagen sie etwa 3 Mm. vor der Netzhaut. (In der Figur bedeuten die oberen Zahlen den Abstand von der Netzhaut in Mm., die unteren das Hilfsglas in Dioptrien.)

Mit Recht kann man einwenden, dass die glitzernden Punkte im Glaskörper keineswegs immer Cholestearin-Krystalle darstellen. In der That sind Tyrosin und Phosphat-Krystalle im Glas-

1) Dünne, rhombische Tafeln, auch mit treppenförmig abgesetztem Rand, die spitzen Winkel von 79½ bis 87½°. — Die Abbildung, welche Sichel, nach der Untersuchung von Lebert, gegeben (Annal. d'Oc. XXIV, S. 56, Taf. I, 1850) beruht auf 500facher Vergrösserung.

2) Unter den günstigsten Verhältnissen, bei grossen Krystallen, guter Beleuchtung, genügt allerdings schon eine 16fache Vergrösserung. (Dr. Brühl in Berlin.)

körper gefunden, aber zweifellos doch auch Cholestearin-Krystalle[1]) nachgewiesen worden.

In einzelnen Fällen sind die glitzernden Punkte wenig oder fast gar nicht beweglich, wenigstens in den hinteren Schichten des anscheinend ganz durchsichtigen Glaskörpers, in den sie so eingewebt sind, wie die glitzernden Sterne in einen zarten Frauen-Schleier. Meist aber sind sie beweglich und wirbeln auf bei der Drehung des untersuchten Auges; doch ist ihr Ausschlag nicht sehr bedeutend, als wären sie an einem kurzen Fädchen befestigt oder in einer kleinen Tasche eingeschlossen. Durch Drehung des Spiegels um die senkrechte Achse, d. h. durch Wechsel des Einfalls-Winkels, kann der Silber-Glanz der kleinen Fläche in dunkles Grau oder Schwarz umgewandelt werden.

Nur selten sieht man in einem sonst noch ziemlich durchsichtigen und noch leidlich sehkräftigen Auge, dass die Krystalle an einem dick-fädigen Geflecht des Glaskörpers reichlich haften und festkleben, — fast wie die Krystalle des Kandel-Zucker an den ausgespannten Zwirn-Fäden: gewöhnlich handelt es sich hierbei um Netzhaut-Blutung der Greise.

Hellen Silber-Glanz zeigen im Glaskörper nicht blos Krystalle, sondern auch Luftblasen[2]) und Metall-Splitter. Neun Stunden,

---

1) Sichel's Fund von Cholestearin-Krystallen im Innern von kranken Augen (Annales d'Oculist. XV, 146, 1846 und XXIV, 49, 1851) erregte gerechtes Aufsehen, zumal bei uns, wo grade die natur-historische Schule blühte. Jetzt, wo wir wissen, dass Cholestearin in geringen Mengen sowohl im Blut gelöst vorkommt, als auch fast in allen Flüssigkeiten, nicht blos in der Galle und im Nervenmark; dass es in der Linse und im Glaskörper normaler Säugethier-Augen nachgewiesen werden kann; dass es ein regelmässiges Zersetzungs-Product darstellt in Transudat, Blutung, Eiter, Verfettung, — jetzt wundern wir uns nicht mehr, Cholestearin in getrübten Linsen zu treffen oder nach der Discission weicher Linsen oder bei Glaskörper-Verflüssigung oder bei Netzhaut-Ablösung. — Zur Vorgeschichte der Glaskörper-Krystalle vgl. Parfait-Landron, Revue méd., 1828, IV, S. 203 und Annal. d'Ocul. XV, S. 171; Desmarres, Annal. d'Oc., 1845, XIV, 220; ferner Schauenburg, die Cholestearin-Bildung im menschlichen Auge, Erlangen 1852.

2) Morton, O. H. R. IX, 38, C. Bl. f. A. 1879, S. 35; Herter, Charité-Annalen 1877, S. 511—530, C. Bl. f. A. 1877, S. 44; Hirschberg, Electromagnet, 1885, S. 80 u. A. Die meisten Lehrbücher schweigen von diesem Vorkommniss; nur Dimmer (II. Aufl., S. 130) giebt eine kurze Beschreibung. Eine gründliche Erörterung findet man bei Praun, Verletz. d. Auges, 1899, S. 352, woselbst auch die späteren Beobachtungen angeführt werden: Mittendorf, Transact. of the Americ. Ophth., S. 1884; Pfalz, Klin. Monatsbl. f. A. 1887, S. 239; Meesmann, Dissert. Berlin 1893; Viefhaus, Dissert.

nachdem durch eine 3 Mm. lange Lappen-Wunde der linken Horn- und Leder-Haut eines 25jährigen ein Eisensplitter in die Netzhaut gedrungen, fand ich bei der Durchleuchtung oberhalb des wagerechten Durchmessers drei schwarze Blasen, so gelagert, wie man Kanonen-Kugeln anzuordnen pflegt; dabei zeigte jede Kugel am vorderen Scheitel einen hell-glänzenden Stern. (Vgl. Fig. 88.) Bei seitlicher Beleuchtung schimmern die Kugeln krystall-hell. Hier haben wir offenbar mit Erscheinungen der totalen Reflexion zu thun. Nach weiteren 12 Stunden war nur noch ein kleines Bläschen zu sehen, mit hellem Reflex-Punkt am vorderen Scheitel. Die Luft verschwindet also ziemlich rasch aus dem Glaskörper.



Fig. 88.

Im ganzen ist dies ein seltnes Vorkommniss. Aber man darf bei einer einzelnen Blase den hellen Reflex-Stern nicht mit einem metallischen Fremdkörper verwechseln.[1])

Bei grösseren Luftblasen zeigt die Durchleuchtung um den hellen Reflex einen rothen Ring und darum einen dunklen Rand-Streifen.

In allen diesen Fällen erfolgte reizlose Wundheilung.

Fremdkörper, welche in die Tiefe des Auges eingedrungen sind und im Glaskörper sitzen, müssen sofort erkannt, nachgewiesen und wo möglich entfernt werden.

Die Diagnose ist ausserordentlich wichtig, aber recht schwierig, namentlich, wenn gleichzeitig viel Blut ergossen war.

Nur ausnahmsweise, bei der Entzündung von Pulver oder Dynamit, oder durch die Gewalt ausserordentlich schnell bewegter Schleif-Maschinen können Steinsplitter in die Tiefe dringen.

Ein 31 j. Maurer, der drei Jahre zuvor beim Stein-Sprengen durch Pulver sein l. Auge verletzt, zeigt 9. 1. 1899 auf diesem $S = {}^5/_{25}$, G. F. n. Die seit-

---

Kiel 1894; Blessig, Mitth. aus d. Petersburger Augenklinik 1894; Grünthal, Berlin. klin. W. 1894, Nr. 4. — Eine Abbildung s. in Haab's Ophthalmoscopie III. Aufl., 1900, Fig. 53 c.

1) Verhängnissvoll könnte es werden, wenn man die Luftblasen mit einem eingedrungenen Splitter verwechselt und diesen — herauszuziehen sich anschickt. Ein 30 j. kommt unmittelbar nach Explosion eines mit Schwefelsäure gefüllten Elements und fürchtet, dass ein Glassplitter eingedrungen sei, da er vor dem r. Auge einen dunklen Körper wahrnimmt. Der Augenspiegel zeigt in der That ein längliches, schwarzes Gebilde mitten im Glaskörper. Aber es ist ein Paar aneinander liegender Luftblasen mit Reflex-Sternen. Am folgenden Tage ist die kleine Wunde im Lederhaut-Saum verharscht, die Luftblasen geschwunden.

In den beiden Fällen von Morton war der glänzende Körper anfangs für das eingedrungene Metall-Stückchen gehalten, dann aber als Luftblase erkannt worden. Nach 24—36 Stunden war die Blase verschwunden.

liche Beleuchtung enthüllt 1) eine Narbe im Hornhaut-Saum, 2) in der Iris-Peripherie innen-unten ein kleines Loch, 3) hinteren Rinden-Star. Vom Iris-Loch zieht ein Trübung-Schlauch durch die Linse und setzt sich fort in einen beweglichen Glaskörper-Faden, der einen weissen, licht-zurückstrahlenden Splitter einschliesst.

Es ist kein Eisen, da die Magnet-Nadel niemals die geringste Ablenkung erkennen lässt, sondern Stein. — 18. IX. 99 ist die Linsen-Trübung vollständiger geworden. (Finger auf 2′.) Nach Discission und späterer Linear-Extraction war mit $+ 9\ D \bigcirc + 1\ D$ c. ↠ $S = {}^5/_7$. Auge reizlos. Der Fremdkörper in seiner Kapsel ist wieder sichtbar, und soll ohne Noth nicht angerührt werden. Augengrund normal.

Geschosse zerstören meist den Augapfel; wenn einmal ausnahmsweise eine ganz kleine Kugel (Vogel-Dunst) einige Sehkraft und Durchsichtigkeit übrig gelassen, kann man den Fremdkörper in der weisslichen Kapsel, die der Glaskörper darum gebildet hat, nicht deutlich erkennen.[1])

Eher gelingt es schon, einen ganz feinen Kupfersplitter, der bei dem Aufknallen von Kupferhütchen, in das Auge, meist eines thörichten Kindes, gedrungen ist, mit dem Augenspiegel wahrzunehmen.

Eine 10jährige erlitt am 6. Oct. 1874 eine Verletzung des rechten Auges durch Zerplatzen eines Zündhütchens, das ihr Bruder in das Feuer des Küchenherdes gelegt; $S = 1/\infty$, Hornhaut-Narbe, Trübung-Schlauch der Linse; weissbläuliche Glaskörper-Trübung nach unten. Am 28. Nov. 1874 zählt das Auge Finger auf 6 Fuss. Blickt das verletzte Auge nach innen-unten, so sieht der Arzt schon von blossem Auge, deutlicher bei seitlicher Beleuchtung, oder bei der Durchleuchtung mit dem Augenspiegel, einen kleinen, viereckigen, rothglänzenden Kupfersplitter, der an Fäden aufgehängt ist, im vorderen Theil des Glaskörpers, während nach unten, in der Tiefe des letzteren, noch die bläulichen Massen nachweisbar bleiben.

Ein 29j.[2]) zeigt 33 Tage nach Kupferhut-Verletzung des rechten Auges dasselbe stark gereizt, im äusseren-unteren Quadranten der Hornhaut eine strichförmige Narbe von 2 Mm. Länge, dicht dahinter einen Spalt in der Iris-Wurzel; hinter der durchsichtigen Linse schläfenwärts, vor dem Strahlenkörper und dem vordersten Theil der Aderhaut, haftet am Augengrunde eine in den Glaskörper-Raum klumpig hervorragende, bläulich-weisse Masse, in der man einen kupfrig-glänzenden, schmalen, senkrecht verlaufenden Streifen entdeckt. Es ist dies der vordere Rand des im Augengrund eingepflanzten und von der entzündlichen Wucherung überdeckten Kupfersplitters. Man erkennt den letzteren sowohl im umgekehrten Bild (mit + 2″), als auch im aufrechten; und auch, wenn man über den Rand des Beleuchtung-Spiegels fortblickt.

Erfolgreiche Ausziehung, unter Chloroform-Betäubung, mittelst eines 6 Mm. langen, 5 Mm. vom Hornhaut-Rand beginnenden, oberhalb der

1) Hirschberg, Knapp's Arch. V, 2.
2) Hirschberg, Berl. klin. W. 1897, Nr. 15.

äusseren Graden durch die Lederhaut und bis in den Glaskörper geführten Lanzenschnitts und einmaliger Einführung der gerieften Kapsel-Pincette.

In der ungeheuren Mehrzahl aller Fälle sind die Fremdkörper im Glaskörper-Raum Eisen- oder Stahl-Splitter.

Hier liegt ein fruchtbares Gebiet ärztlicher Wissenschaft und Kunst.

Ist die Durchsichtigkeit des verletzten Auges nur mässig gestört, der Eisensplitter nur wenige Mm. hinter der Krystall-Linse an Glaskörper-Fäden befestigt; so kann man ihn ganz leicht vom blossen Auge wahrnehmen.[1]) Ja, selbst tiefer sitzende Splitter werden gelegentlich dem blossen Auge sichtbar, wenn sie bei rascher Bewegung des verletzten Augapfels vom Boden des Glaskörper-Raums emporgeschleudert werden: künstliche Erweiterung der Pupille und helles Tageslicht sind hierzu vortheilhaft oder selbst nothwendig.[2]) Sind die Eisensplitter glänzend, so zeigen sie bei dieser Art der Untersuchung eine gelbe Färbung.

Ein 37j. kommt 25. III. 1897, nachdem er Abends zuvor beim Eisenhämmern sein l. Auge verletzt. Wunde der Hornhaut von 1,5 Mm. Länge, verharscht; ebensolche der Vorder-Kapsel, Linse schon beträchtlich getrübt. Fremdkörper auch nach Erweiterung der Pupille nicht sichtbar. Das Sideroskop zeigt 5° Ausschlag am Hornhaut-Scheitel. Der Riesen-Magnet fördert nichts. Am Abend ist der glitzernde Splitter im Glaskörper mit dem Augenspiegel zu sehen.

Am 26. III. 1897, Morgens, war der Splitter am deutlichsten bei Tageslicht zu sehen; etwas hinter der Linse, deren Trübung ihm einen gelblichen Schein verlieh, so dass er wie Messing glänzte. (Erfolgreiche Ausziehung mit meinem Electro-Magneten.)

In der Regel ist aber der Augenspiegel unerlässlich, und die Diagnose, selbst bei sorgsamer Handhabung desselben, in vielen Fällen recht schwierig.[3]) In den frischen Fällen stört das ergossene Blut den Einblick, in den älteren die verhüllende Kapsel. Das Aus-

---

1) Arch. f. O. XX, III, 157. (Hirschberg.)

2) Laqueur, C. Bl. f. A. 1888, S. 288, S. 295. (Glänzende Eisensplitter im Glaskörper frischer Schweins-Augen erscheinen, von vorn durch die Pupille betrachtet, immer gelblich.)

3) Eine werthvolle Unterstützung gewährt uns seit einigen Jahren die Ablenkung der Magnet-Nadel. (Sideroskop.) Das Röntgen-Bild ist in den wichtigsten Fällen, den frischen, welche augenblickliche Ausziehung des Fremdkörpers heischen, wenigstens für die Mehrzahl der Wund-Aerzte, nicht leicht zu haben; aber sehr wichtig für diejenigen Fälle aseptisch eingeheilter Splitter, wo ein Aufschub der Operation um 1 oder mehrere Tage unbedenklich erscheint.

Von diesen beiden Hilfs-Mitteln der Erkenntniss werde ich später noch ausführlicher handeln.

sehen des Splitters ist überhaupt recht verschieden, je nach seiner Grösse, Gestalt, Oberflächen-Beschaffenheit. Ich ziehe es vor, statt längerer Auseinandersetzung die kurze Beschreibung einiger selbstbeobachteter Fälle zu geben.

1) Ein 16j., welcher am 11. Sept. 1879 Morgens 8 Uhr beim Schmieden sein r. Auge verletzt, zeigt Nachm. 3½ Uhr eine Wunde in der Lederhaut von 2½ Mm. Länge, ½ Mm. oberhalb des oberen Hornhautscheitels, klaren Glaskörper zwischen den Wundlefzen, Hornhaut längs-gefaltet, in der Vorderkammer etwas Blut. Atropin, Verband. Abends Pupille mittelweit, Kammerwasser klar. Die Durchleuchtung ergiebt rothen Reflex und einen dunklen Faden im Glaskörper, welcher oben an der Wund-Oeffnung haftet und ziemlich grade nach unten-hinten zieht. Sowie der Kranke die Blick-Achse senkt, erkennt man ein ziemlich grosses Eisenstück, das hinter der Linse und in einiger Entfernung von derselben im unteren Theile des Glaskörpers frei sichtbar wird. Der Fremdkörper ist schwarz, unregelmässig, scharfkantig; die scharfen Bruch-Ecken glänzen hell-metallisch. Natürlich wechselt der metallische Glanz bei leichter Drehung des Augenspiegels, d. h. bei wechselnder Richtung des einfallenden Lichtes. Sehnerv und Netzhaut normal. (Am nächsten Morgen wurde unter Chloroform-Betäubung aus einem aussen-unten, hinter dem Strahlenkörper belegenen Meridional-Schnitt von 7 Mm. Länge der Splitter von 20 Mgr. Gewicht mittelst meines Electro-Magneten herausgezogen. Volle Sehkraft; Beobachtungs-Dauer zwölf Jahre.)

2) Ein 48j. kam 21. III. 1895, 3 Tage, nachdem er beim Hämmern von Stahl auf Stahl sein l. Auge verletzt.

Dasselbe zeigt $S = \frac{1}{4}$, bei normalem G. F., und ist ziemlich stark gereizt. In der Mitte der Hornhaut sitzt ein ganz kleiner Abscess, diesem gegenüber eine hintere Verwachsung des unteren Pupillen-Randes. Von dieser aus durchsetzt ein zarter Trübung-Schlauch die sonst durchsichtige Linse. Die Durchschlag-Stelle in der hinteren Linsen-Kapsel ist deutlich sichtbar, schmal, eiförmig. Ihre Haupt-Achse macht einen Winkel mit der Richtung des Trübung-Schlauches. Der Fremdkörper hat beim Verlassen der Linse eine Drehung erlitten. Ein ganz kleiner bläulicher Splitter ist mit dem Augenspiegel zu sehen und beweglich im Glaskörper, durch einen Faden mit der hinteren Kapsel-Wunde verbunden. (Erfolgreiche Operation mit meinem Electro-Magneten.)

3) Ein 19j. kommt 23. XI. 1896, ohne Ahnung einer schweren Augen-Verletzung, und giebt ganz gelegentlich an, dass er seit 8 Tagen mit dem r. Auge schlechter sieht. Sofort wird mit dem Augenspiegel ein schmaler, glänzender Splitter entdeckt, der hinter der mässig getrübten Linse im Glaskörper sitzt, nahe dem Schläfen-Rand der Hornhaut, etwas beweglich ist und durch Fäden mit der Linsen-Hinterfläche verbunden zu sein scheint. Narbe der Hornhaut von 2,5 Mm. Länge, Loch der Iris, sternförmige Unterlaufung der Linse, Durchschlag-Stelle der hinteren Linsen-Fläche. (Erfolgreiche Operation mit grossem und kleinem Electro-Magneten.)

4) Am 30. IV. 1896 kommt ein 31 j., ½ Stunde, nachdem er sein linkes Auge verletzt. Sehkraft gut, aussen-unten dicht am Hornhaut-Rande ist eine verharschte, meridionale Wunde der Bindehaut und Lederhaut von 2 Mm. Länge

sichtbar. Der Augenspiegel zeigt hinter der durchsichtigen Linse im durchsichtigen Glaskörper einen silberglänzenden Draht, soweit das Gesichtsfeld reicht. Das Sideroskop macht einen Ausschlag von 4 Winkel-Graden. Mein kleiner Electro-Magnet fördert sogleich einen nadelförmig dünnen, schwach gebogenen Eisensplitter von über 14 Mm. Länge heraus. Reizlose Heilung mit voller Sehkraft. (Dauernde Heilung.) —

Oft genug ist in frischen Fällen der Fremdkörper selber nicht zu sehen; aber ein eigenartiges Augenspiegel-Bild trägt doch zur Sicherung der Diagnose bei.

5) Ein 17j. kam am 21. Juni 1888, Tags nachdem er sein linkes Auge beim Eisen-Meisseln verletzt, mit einer kleinen lappenförmigen, nicht klaffenden Wunde der Lederhaut, dicht am inneren-unteren Hornhaut-Rand, Blut-Erguss auf der Vorder-Kapsel und eiförmiger Pupille, die nach der Wundgegend hin verzogen war. Nachdem binnen einer halben Stunde auf Atropin-Einträuflung die Pupille weiter geworden, fand ich einen bläulichen Reflex aus dem Glaskörper, nach innen-unten, im Zusammenhang mit der Wundgegend.

(Der sofort eingeführte kleine Electro-Magnet holte den Eisensplitter von 5 Mm. Länge und 21 Mgr. Gewicht. Heilung mit fast voller Sehschärfe.)

6) Ein 56j. kam (1884) 6 Monate, nachdem er beim Hämmern auf Eisen sein r. Auge verletzt, mit schwerer Irido-cyclitis desselben. In der Hornhaut sah man nahe dem Schläfen-Rande eine linienförmige, etwas zackige, 3 Mm. lange, weisse Narbe, wie sie nur durch Eindringen eines Fremdkörpers erzeugt wird, dahinter in der grünlich verfärbten Regenbogenhaut eine narbige Stelle; daneben eine breite hintere Verwachsung, Pupille kaum mittelweit unter Atropin. Neben der Verwachsung war die Linsenkapsel verdickt und narbig, die Linse getrübt, jedoch nicht vollständig. — In einer Glaskörper-Trübung hinter der Linse, nach unten, sah ich eine Stelle, die bei der Durchleuchtung mehr Licht zurückstrahlt, als entzündliche Trübungen zu thun pflegen, und deshalb als Sitz des Fremdkörpers anzusprechen war. (Operation erfolgreich, mittelst Lederhaut-Schnitts und Einführung meines kleinen Electro-Magneten. Sechzehnjährige Beobachtung.)

Blutgefäss-Bildung im Glaskörper.

Der durchsichtige Glaskörper des ausgebildeten Menschen-Auges ist gefässlos, ebenso wie die durchsichtige Hornhaut; aber im Foetal-Zustand führt der Glaskörper Blutgefässe, ungleich der Hornhaut. Darum kann man wohl im Glaskörper, aber nicht in der Hornhaut, zurückgebliebene Reste der foetalen Blutgefässe beobachten. Neubildungen von Blutgefässen in Folge krankhafter Veränderungen (Entzündungen) sind beiden durchsichtigen Theilen gemeinsam; und auch die Thatsache gilt für beide, dass die neugebildeten Gefässe, zum mindesten Jahre lang, nach dem Erlöschen des ursprünglichen Entzündung-Processes, bestehen bleiben können. Aber ein natürlicher Unterschied tritt deutlich zu

Tage: die neugebildeten Blutgefässe im Glaskörper sind unvergleichlich viel seltner, als die in der Hornhaut. Freilich ist dabei zu berücksichtigen, dass Kranke mit Leiden der Hornhaut weit häufiger zum Arzt kommen, als solche mit Glaskörper-Leiden.

Die neugebildeten Gefässe kann man nur dann richtig würdigen, wenn man die zurückgebliebenen genau kennt; im Beginn der Beobachtung verfällt man leicht in den Fehler die neugebildeten wegen ihrer Regelmässigkeit für angeborene zu halten, was ja in Beziehung auf die Hornhaut sogar den berühmtesten Anatomen widerfahren ist.

Zurückbleiben der foetalen Glaskörper-Schlagader.[1]

Im Embryon-Zustand ist die Netzhaut der Wirbelthiere zunächst gefässlos. Bei einigen bleibt sie so. Bei andren entwickeln sich Blutgefässe, die von dem Glaskörper aus hineinwachsen.[2] Die Glaskörper-Schlagader schwindet später bei den Thieren mit gefässhaltiger Netzhaut; beim Menschen schon vor der Geburt: und nur ganz ausnahmsweise bleibt sie während des ganzen Lebens erhalten oder persistirend, wie es in der ärztlichen Sprache heisst.

Diese gelegentlich beim Menschen vorkommenden Fälle werden aufgeklärt durch regelmässige Befunde der vergleichenden Ophthalmoskopie.

Bei dem jungen Kätzchen[3] kann man die Glaskörper-Schlagader sehr schön mit dem Augenspiegel wahrnehmen. Sie tritt hervor (Fig. 89) aus der Mitte der Sehnerven-Scheibe, zieht durch die Achse des Glaskörpers nach vorn und strahlt in einiger Nähe vom hinteren Pol der Linse pinselförmig aus (Fig. 90 und 91) und verbindet sich mit bogenförmigen Gefässen, die hinter der Randzone der Linse sich befinden.

Man kann nun bei dem (fast) ausgewachsenen Menschen ziemlich[4] genau dasselbe Bild antreffen, wie bei dem jungen Kätzchen.

---

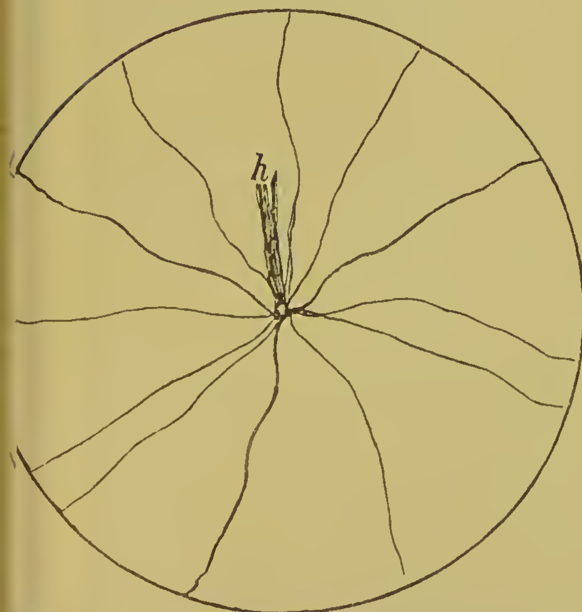
1) Arteria hyaloïdes persistens.

2) Aber nach O. Schultze gehen die Netzhautgefässe nicht hervor aus denen des Glaskörpers, sondern sie entwickeln sich vom Eintritt des Sehnerven aus.

3) Vgl. Hirschberg, Das Auge des Kätzchens, C. Bl. f. A. 1891, S. 381—391.

4) Ganz genau dasselbe Bild, — der Strang von der Eintritt-Stelle der Gefässe in den Sehnerven durch den ganzen Glaskörper bis zur Hinterfläche der Linse, wo er pinsel-förmig ausstrahlt, — ist von E. Pulvermacher, C. Bl. f. A. 1892, S. 329 beschrieben und abgebildet.

Fig. 89. Augengrund des Kätzchens, *v* Anfang der Glaskörper-Schlagader.



90. Vorderer Abschnitt des Kätzchen-Auges (Durchleuchtung); h Ende der Glaskörper-Schlagader.

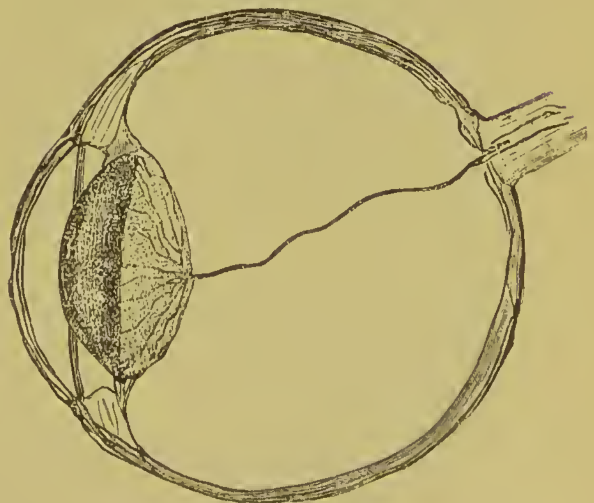


Fig. 91. Schematischer Durchschnitt des Kätzchen-Auges, um den Verlauf der Glaskörper-Schlagader zu zeigen. (Die Randbögen fehlen.)

Fig. 92 stammt von einer 19jährigen, die wegen starkem Astigmatimus ($+ 6\ D\uparrow$) mich aufsuchte. Auf dem rechten Auge (Fig. 92) entspringt die Glaskörper-Schlagader *a* in der Mitte der Sehnerven-Scheibe, zieht mindestens 5 Mm. nach vorn, um dann bei *b* pinselförmig auszustrahlen. Auf dem linken



Fig. 92.

Auge ist es ähnlich; nur entspringt hier die Glaskörper-Schlagader neben der Mitte der Sehnerven-Scheibe, etwa um 0,5 Mm. schläfenwärts. Die Zweige des Pinsels bis zur Linse zu verfolgen war unmöglich wegen der Licht-Empfindlichkeit der jungen Dame.

Die bleibende Glaskörper-Schlagader beim Menschen, wenn ihre Reste überhaupt erhalten sind, stellt meistens nur einen kurzen grauen Zapfen dar, welcher von einem Gefäss der Sehnerven-Scheibe entspringt.[1]) Nur ausnahmsweise erscheint darin eine Blut-Säule. Nur

1) Im Auge des Ochsen bleibt der Zapfen regelmässig erhalten. H. Müller, Arch. f. O., II, 2, S. 65, 1856. — Die ersten Augenspiegel-Beobachtungen am Menschen sind von Saemisch, Zehender, Liebreich, Toussaint, Stör (Kl. Monatsbl. 1863, S. 258, 259, 261, 350; 1865, 24), Mooren (Ophth. Beob., S. 204), Ewers (II. Jahresber. 1873.) — Die Literatur s. bei Otto, Deutschmann's Beitr. V, S. 11, 1892.

Vgl. ferner Manz, Graefe-Saemisch, II. B. c. VI, S. 97, 1876, und die neueste Darstellung von E. v. Hippel, in der II. Aufl. v. Graefe-Saemisch, II. B. c. IX, 1900. — Eine vollständige Sonderschrift (von 78 Seiten mit 10 Tafeln) „Persistent remains of the foetal hyaloïd artery by David de

selten sind beide Augen betroffen.[1]) Ist der Faden länger, so erkennt man bei den Bewegungen des untersuchten Auges eine mitgetheilte Bewegung, die schon zur Verwechselung mit Fadenwürmern geführt hat! Ausnahmsweise sieht man eine längere, vollkommene Schlinge aus ab- und zuführendem Gefäss, gewissermaassen um die Achse der Schlinge gewunden, wie die Gefässe des Nabelstrangs.[2]) Auch rückläufige Gefässe, zur Peripherie der Netzhaut, die aus der Glaskörper-Schlagader stammen, habe ich beobachtet.[3]) Ob ganz kurze, nur eben in den Glaskörper vordringende Gefäss-Schlingen hierher gehören, ist zweifelhaft. Schliesslich sei noch bemerkt, dass die angeborene Bindegewebs-Bildung im Glaskörper, von der wir noch gleich zu sprechen haben, enge Beziehungen zu den bleibenden Glaskörper-Gefässen besitzt. (Jäner[4]) unterscheidet die folgenden drei Zustände: 1) Art. hya. persist. 2) Bindegewebe im Cloquet'schen Kanal. 3) Beides zusammen. Vossius[5]) hat diese Eintheilung angenommen.)

In dem linken, etwas schwachsichtigen Auge eines Mannes fand ich eine kleine Trübung am hinteren Linsen-Scheitel.[6]) Dicht darunter setzt sich an die Hinterfläche der Linse ein breiter, kegelförmiger Zapfen an, der bei schief auffallendem Licht weiss erscheint und nach hinten zu in einen dünnen

---

Beck" ist 1890 zu Cincinnati erschienen. E. v. Hippel erwähnt ihn nicht; Nagel's Jahresbericht (1890, S. 271) streitet ihm eigne Beobachtungen ab, was nicht begründet ist. Nur scheint de Beck die Grenzen des Gebiets etwas zu weit auszudehnen.

1) Robert Fuchs, ein Fall von doppelseitiger Art. hyal. persist., Strassburg 1890. Vgl. C. Bl. f. A. 1891, S. 531 und 1893, S. 35; Hirschberg, C. Bl. f. A. 1891, S. 389.

2) Liebreich (Transact. of the pathol. Society, London, XXII, S. 20,) sah von der Netzhaut-Schlagader einen kleinen Zweig in den Glaskörper abgehen, der nach kurzem Verlauf umbog und in ein venöses, um die Arterie geschlungenes Gefässchen überging. — Aber eine Glaskörper-Vene ist von den Embryologen bisher nicht gefunden worden. (Schapringer, A. f. A. III, 2, 146, 1874, und O. Becker, Nagel's Jahres-Ber. V f. 1874, S. 500, 1876.) Vgl. Schapringer, C. Bl. f. A. 1900, S. 352 und A. f. A. III, 1, 191 (Kipp). Schapringer erinnert an von Ammon's Ansa foetalis arteriae centralis. (A. f. O. IV, 1, 221.) Aehnlich in der Erscheinungs-Form sind die Fälle von Gefäss-Schlingen der Netzhaut-Schlagader, welche in den Glaskörper vordringen. (Czermak, Hirschberg, Wachtler, Günsberg, K. Hirsch u. A., C. Bl. f. A. 1883, S. 292, 1885, S. 206, Wien. med. W., 1896, S. 397, Kl. M. Bl. 1899, S. 173 u. 341.

3) C. Bl. f. A. 1882, S. 486 (mit Abbildungen). Dieser Fall, wie der vorige (Anm. 2) sind aus der Entwicklungs-Geschichte schwer zu erklären.

4) C. Bl. f. A. 1893, S. 35.

5) Lehrbuch d. Augenheilk., 1898, S. 602.

6) Hirschberg, Klin. Beob., Wien 1874, S. 45.

Schlauch übergeht. Letzterer durchsetzt, leicht geschlängelt, den Glaskörper und heftet sich mit einem feinen Faden an die nur schlecht abgegrenzte Papille. Unterhalb der letzteren sieht man zahlreiche, unregelmässige, schwarze Herde.

Das linke, auswärts schielende Auge eines 6 j.[1]) zeigt (Fig. 93): 1) ein erweitertes Venen-Netz unter der Bindehaut am nasalen Theil des Augapfels,

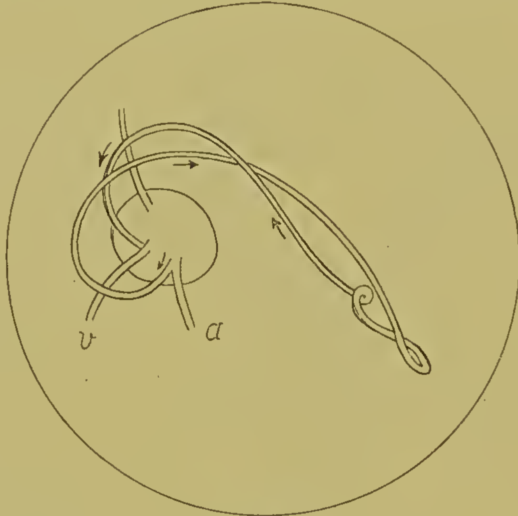


Fig. 93.

2) eine zierliche Pupillen-Haut, 3) eine fortbestehende Glaskörper-Schlagader.

Man sieht deutlich, wie aus einem Ast der Netzhaut-Schlagader (*a*) ein Gefässbogen abgeht, in leicht gewundenem Verlauf etwa 3 Mm. (9 *D*) weit nach vorn zieht, schlingenförmig umbiegt und in ein Gefäss übergeht, welches um das erste sich herum windet und schliesslich auf der Sehnerven-Scheibe unter einer Netzhaut-Blutader (*v*) verschwindet. Die Gefäss-Schlinge erscheint in ihren ersten zwei Dritteln roth, d. h. mit Blut gefüllt. Die Kuppe ist grauschwarz-durchscheinend und schwankt bei den Bewegungen des Auges. Bei sanftem Druck auf den Augapfel pulsirt der aufsteigende Bogen. Das Auge erkennt Finger auf 5 Fuss.

Bemerkenswerth ist hier die Verbindung von ausdauerndem Pupillen-Häutchen und fortbestehender Glaskörper-Schlagader, welche nach Manz noch nie beobachtet war. (Auch die Verbindung mit Colobom des Augengrundes habe ich mehrmals gesehen.[2]))

Ein 22 j. Frl. zeigte (1885) l. E.; r. M. 15 *D*, Auswärtsschielen und Schwachsichtigkeit. Rechts Pigment-Ring um die Papille. Die Ursprungstelle der Blutgefässe auf derselben ist von einem zarten, grauen Strang verdeckt, der, sich verschmälernd, ziemlich weit in den Glaskörper hineinragt und als dünner Faden aufzuhören scheint. Etwas nach innen-oben vom hinteren Linsenscheitel sitzt die Anheftung eines zweiten sehr dünnen Fadens, der nach

1) C. Bl. f. A. 1896, S. 75. (Mittheilung meines damaligen Assistenten Dr. Moll.) Vgl. auch die Fig. 182, S. 471, in H. D. Noyes' diseases of the eye, New York 1900.

2) Vgl. die Mitth. m. damaligen Assistenten Dr. Remak, C. Bl. f. A., 1885, S. 9: Drei seltne Fälle von persist. Art. hyal. (Mit Abbildungen.)

hinten ein kurzes Stück in den Glaskörper hineinragt und bei den Bewegungen des untersuchten Auges leichte Schwingungen ausführt. Die Aussagen des Frl. sprechen dafür, dass in ihren Jugend-Jahren die persistirende Schlagader in der Mitte eine Trennung erfahren habe. — Nach 15 Jahren derselbe Zustand.

Ein 28 j. zeigte auf dem l. Auge, bei normaler S., eine physiologische Grube, an deren medialem Rande die Blutgefässe hervorkamen. Ebendaselbst schien ein dunkelgrauer Streif zu haften, der die Breite einer der grösseren Netzhaut-Blutadern besass, leicht gebogen nach vorn und oben verlief (um etwa 1,25 Mm.) und mit einem gebogenen Knie nach unten sich wendete, weiterhin feine Fäden in den Glaskörper ausstrahlen liess und schliesslich (4 Mm. vor P.) nach unten sich dem Blick entzog. Auch hier war an der hinteren Linsenfläche das vordere Ende des Fadens sichtbar, wieder von dem hinteren abgerissen. Etwa 0,75 Mm. unterhalb P. begann ein Colobom der Aderhaut von 3 Mm. Breite, 4,5 Mm. Länge, 0,6 Mm. Tiefe. Der entsprechende G. F. Ausfall reichte aber bis zur Peripherie! Pat. hatte niemals die beschriebenen Gebilde entoptisch wahrgenommen.

In einem Fall (von Vassaux, Archives d'ophtalm. 1883, III, Nr. 6; vgl. C. Bl. f. A. 1883, S. 476,) hat „Entzündung im Gebiet der (persistirenden) Glaskörper-Schlagader" sogar Markschwamm der Netzhaut vorgetäuscht und die Entfernung des Augapfels veranlasst: an der hinteren Fläche der mässig trüben Linse des 54 Tage alten Kindes zeigte sich eine weisse Masse, welche mit einem starken Blutgefäss-Netz bedeckt war.

Blutgefäss-Neubildung im Glaskörper.[1]

Dass dichte, bläulich-weisse Häutchen,[2] welche, in Folge von starker Netzhaut-Blutung, aus der Netzhaut in den Glaskörper vordringen, neugebildete Blutgefässe zeigen, ist gar nicht so sehr selten und auch nicht auffällig.[3] Merkwürdig aber sind die neugebildeten Blutgefässe, die in den klaren Glaskörper von der Netzhaut oder vom Sehnerven-Eintritt hineinwachsen.

Coccius[4] hat zuerst, im Jahre 1859, einen Fall beschrieben, wo nach Rückgang der von Netzhaut-Entzündung abhängigen beweglichen Glaskörper-Trübungen Blutgefässe sichtbar waren, die von denen des trüben Sehnerven entsprangen, weit in den Glaskörper vordrangen und bei Bewegung des Auges hin und her schwankten. Das Sehen der Kranken war durch doppelseitige Netzhaut-Entzündung erheblich gestört; die Gefäss-Bildung hauptsächlich nur im rechten Auge entwickelt.

1) Hirschberg, C. Bl. f. A. 1890, Sept.

2) Bei der sogenannten proliferirenden Netzhaut-Entzündung.

3) Eher möchte ich mich wundern, dass man, z. B. bei diabetischer Ernährung-Störung, einen dicken, bläulichen Wall im Glaskörper rings um die ganze Peripherie des Augengrundes, ohne Spur sichtbarer Blutgefässe, Wochen und Monate lang beobachten kann.

4) Ueber Glaucom, Entzündung u. s. w., S. 47.

Den zweiten Fall hat Ed. v. Jäger 1869 in klassischer Weise beschrieben und abgebildet.[1]) Bei einem 27 j., der seit zwei Jahren an Kopfschmerz und wiederkehrender Sehstörung gelitten und nur noch Jäg. 20 in 6″ entzifferte, bestand bds. Netzhaut-Entzündung mit Verschleierung des Sehnerven-Eintritts; auf dem linken Auge treten aus den centralen Theilen des Sehnerven an verschiedenen Stellen sehr zarte Blutgefässe und dringen weit hinein in den Glaskörper als scharfbegrenzte, dunkel blutrothe Linien, die Schlingen bilden und Knäuel enthalten. Die Erscheinung nahm erst zu; aber (unter Einreibungs-Kur u. s. w.) bildeten sich binnen 4 Monaten die Blutgefässe vollständig und die Netzhaut-Trübung so ziemlich zurück, so dass wieder Jäg. 5 gelesen wurde.

Weitere Fälle dieser Art werden in den gewöhnlichen Lehrbüchern (selbst im Graefe-Saemisch, I. Aufl.) sowie auch in den Abhandlungen über den Augenspiegel von Mauthner, Dimmer,[2]) Vossius, Loring, Haab, Greef-Schweigger nicht genauer beschrieben. Auch in der sonstigen Literatur stösst man nur auf vereinzelte Mittheilungen.[3])

Jedenfalls muss man Mauthner[4]) beipflichten, dass die Veränderung „zu den ausserordentlichsten Seltenheiten gehört". Nur auf vier eigene Beobachtungen vollkommener Art aus den 10 Jahren (1880—1890) kann ich mich besinnen.

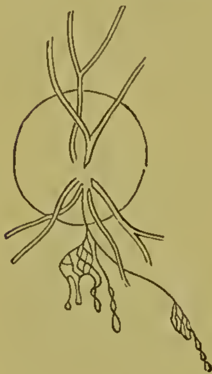


Fig. 94.

1. Am 11. Januar 1880 kam ein 23 jähriges Dienstmädchen wegen Nebel-Sehen. (R. Sn. VI, L. Sn. IV in 8″.) Bds. Chorioret. circ. multipl. mit Trübung der P. und aequat. Blutungen. Die Gefäss-Bildung ist wegen vollkommener Klarheit des Glaskörpers mit überraschender Schärfe zu sehen. Von der Gefässpforte des rechten Sehnerven entspringt ein zarter Strang, der sofort nach unten zieht und in ein fingerförmig angeordnetes feines Blutgefäss-Netz übergeht, dessen fransen-artige Enden von gewundenen Schlingen gebildet werden. Die Gefäss-Bildung hängt schürzenartig herab; bei der Ruhe-Lage des Auges ragen die unteren Quasten um 1 Mm. in den Glaskörper hinein. Bei jeder

1) Ophth. Hand-Atlas, 1869, S. 117, Taf. XV, Fig. 72.

2) Vgl. II. Aufl. 1893, S. 131.

3) Und zwar von Nettleship (Transact. of the ophth. Soc. IV, 1889, S. 150; und ebendaselbst VIII, 1888, S. 159), von Theobald (Transact. of the Amer. Soc. XXIII, C. Bl. f. A. 1887, S. 372), von Harlan (Transact. of the Am. Ophth. Soc. XXV, C. Bl. f. A. 1889, S. 369). Dazu kommen meine eignen Beiträge, bes. C. Bl. 1881, S. 48, 1883, S. 326 und 1889, S. 9, 1890, S. 266. Endlich die folgenden neueren Mittheilungen: Schutter in Groningen, C. Bl. f. A. 1891, S. 45; de Schweinitz, Philadelph. Coll. of Phys., Sect. of ophth. 1897, Oct. 19, und Ophthalm. Record, Jan. 1898. (C. Bl. f. A. 1898, S. 619.) Der ophth. Atlas von Adams Frost (London 1896) bringt in Fig. 91, T. XL, eine Abbildung. — Die Figuren, welche Miss Boyle für Nettleship's ersten Fall angefertigt hat, sind minder befriedigend.

4) Ophthalmoscopie, 1868, S. 326.

Bewegung des Auges wird der Gefässbaum emporgeschleudert, um ganz langsam wieder herabzusinken.[1] (Fig. 94.)

2. Die Gefäss-Bildung (Fig. 95), welche bis 2 Mm. in den Glaskörper vorragt,[2] wurde im rechten Auge einer 60 jährigen gefunden, die seit 1 Jahr

Fig. 95.

Sehstörung bemerkt, durch feinpunktirte Netzhaut-Entzündung, und $S = 1/6$ besitzt. Zuerst glaubte ich, dass dieses Gefäss-Netz angeboren sei; später, durch weitere Beobachtung belehrt, musste ich es für erworben ansehen.

Im linken Auge sah man feine Stippchen in der Netzhaut, besonders nasenwärts vom Sehnerven in der Ausdehnung von einigen Mm., auch eine feine strichförmige Blutung. Der r. Augengrund ist in Fig. 91[3]) abgebildet; — 2,5 *D* bedeutet das Niveau der Netzhaut-Schale, 0 ein Hervorragen um etwa 1 Mm., + 3 *D* ein solches von 2 Mm. Vor dem Sehnerven und der anliegenden Netzhaut war ein flach-kelchförmig gekrümmter, nicht merklich beweglicher Schleier zu sehen, ein äusserst zierliches, nur durch ganz zartes Ge-

1) C. Bl. f. A. 1881, S. 48.

2) Ebend. 1883, S. 326. — E. v. Hippel (Graefe-Saemisch, II. Aufl., II. Bd. K. 9, S. 73) hat meine Veröffentlichung im C. Bl. f. A. 1890 übersehen, in welcher ich die richtigere Deutung des Befundes gegeben habe.

3) O. Becker hat in dem Bericht der Augen-Klinik Prof. Arlt's (Wien 1867, vgl. S. 106) auf Taf. II eine ganz ähnliche Blutgefäss-Bildung im Glaskörper dargestellt. Die mächtige gelbe Wucherung aus der Gegend des Sehnerven-Eintritts wollte er als Abscess deuten. Es könnte wohl eine Gummi-Geschwulst gewesen sein.

webe zusammengehaltenes Gefäss-Netz, das aus der physiologischen Grube mit einer Reihe von Aesten hervordringt, mehr und mehr sich theilt und am Rande des Kelches in haargefäss-ähnlichen Schlingen endigt. Hier und da sind auch deutliche Erweiterungen der feinsten Aeste sichtbar. Die Blutgefässe erscheinen dunkel vor dem rothen Augengrunde. Die Grenze des Sehnerven ist undeutlich. Von Netzhaut-Gefässen sind einige Venen zu sehen ($v_1 r$ und $v_2 r$), auch eine Arterie ($a_1 r$); ein arterielles Gefäss ($a_2 r$) krümmt sich in den Glaskörper aus der Netzhaut hervor und ist auch ziemlich weit nach der Peripherie zu verfolgen.

3. Bei oberflächlicher Betrachtung könnte man die Gefäss-Bildung mit einer zarten Netzhaut-Ablösung verwechseln, aber bei genauerer Untersuchung erkennt man die neugebildeten Blutgefässe (um 1,5 bis 2 Mm.) vor den alten, und kann auch im umgekehrten Bilde deutliche Verschiebung des vorderen Gefäss-Lagers (im Glaskörper) gegen das hintere (in der Netzhaut) feststellen.

Eine 60 j., die in Folge einer seit 2 Jahren bestehenden Nieren-Erkrankung an Beklemmung leidet, wurde „vor 2 Jahren an Netzhaut-Blutung, vor $1/2$ Jahre wieder an Sehnerven-Entzündung" des rechten Auges behandelt und zeigte März 1896: R. $S = 0{,}2$, G. F. gut, nur innen-oben etwas eingeengt. Augengrund-Bild ähnlich der Fig. 95, nur ist die Veränderung nicht so ausgedehnt, und die Gefässe zarter, ohne Unterschied zwischen Arterien und Venen; die darunter liegenden Netzhaut-Gefässe ganz deutlich zu sehen.

Die neugebildeten Gefässe entspringen in der Tiefe des Sehnerven, — wie es scheint, aus den alten; dringen schräg nach vorn in den Glaskörper, zahlreicher und feiner, als die alten, anders verästelt, auch schlingenförmig in einander umbiegend und endigen an dem wellig gebogenen Rande der Ausbreitung in feinen Haargefäss-Netzen.

Sehr bemerkenswerth ist eine Blutung aus den neugebildeten Gefässen. 6. IV. 97 „nach Bücken Sehstörung". R. Finger in 6'; G. F. i. o. bis 25° eingeengt. Blut im Glaskörper, und auf der Netzhaut nach unten lachenartig. Zahlreiche neugebildete Blutgefässe sind mit kurzen Blutklümpchen besetzt oder scheidenartig umgeben. — 14. IV. 97 sind diese Klümpchen geschwunden, aber man sieht deutlich umschriebene Erweiterung an manchen der neugebildeten Gefässe. 2. X. 97 Sn. CC: 15'. Nur unten in der Peripherie der Netzhaut noch eine dunkle Blutung, von welcher Fransen hervorragen und, wie es scheint, in die Blutgefässe neuer Bildung sich fortsetzen.

4) Der wichtigste und wohl auch verhältnissmässig häufigste Fall dieser seltenen Veränderung betrifft die syphilitische Sehnerv-Netzhaut-Entzündung. Bei dieser Form erlebt man auch wieder eine Verödung des neugebildeten Gefässbaumes.

Bei einem 47 jährigen[1]) wurde zuerst, fast 1 Jahr nach der Ansteckung, Entzündung des rechten Augengrundes beobachtet: 1. punktförmige Glaskörper-Trübung, 2. streifenförmige Netzhaut-Blutung, 3. helle Herde nahe der Netzhaut-Mitte, 4. Trübung und Röthung des Sehnerven-Eintritts mit Erweiterung der Capillaren. $S = 1/2$. Gebessert entlassen. Nach einem halben

1) Vgl. C. Bl. f. A. 1889, S. 9.

Jahr kommt er wieder und zeigt, neben Wand-Verdickung der Netzhaut-Schlagader, umschriebene bläuliche Trübung auf dem Sehnerven und daran sitzend ein zartes blatt-förmiges Gebilde, das $1^1/_3$ Mm. in den Glaskörper vorragt und bei Bewegung des Auges langsam beweglich ist. Im aufrechten Bilde erkennt man darin die Blutgefäss-Neubildung, ähnlich den sogenannten Adern auf dem durchsichtigen Flügel einer Fliege. Die feinen, am meisten hervorragenden Haargefäss-Schlingen zeigen umschrie-



Fig. 96.

bene Erweiterungen. Feine weisse Herde in der Nähe der Netzhaut-Mitte sitzen z. Th. deutlich an zarten Blutgefässen der Netzhaut. Der Kranke wurde reichlich mit *Hg*-Einreibungen und *Kj* behandelt. Nach 1 Jahr war der Gefässbaum wieder geschwunden. (Nach 2 Jahren ebenso.)

5. Ganz kürzlich (Mai 1900) habe ich noch einen Fall der Art beobachtet.

Ein 50 j. „mit Arterio-Sclerose und chronischem Alkoholismus“, der vor 30 Jahren einen Bubo, aber nie Lues gehabt haben will, klagt über Sehstörung des linken Auges seit 2 Jahren. — L. $S = {}^5/_{10}$, G. F. gut. — Art. nas. inf. von einem hellen Streifen begleitet. Ein äusserst zartes Gewebe dringt von dem nasalen Theil des Sehnerven in den Glaskörper und trägt eine Gefäss-Neubildung im Glaskörper, welche der in Fig. 96 einigermaassen ähnlich sieht, aber weit schmaler ist, nur grade nach unten sich erstreckt, bis auf etwa 6 Mm., und auch die kleinen Erweiterungen in den haargefässartigen Schlingen zeigt. In der Netzhaut eine kleine Blutung.

Es giebt Uebergänge von der Glaskörper-Gefässneubildung zu der sogenannten wuchernden Netzhaut-Entzündung.[a] Darauf werden wir noch zurückkommen.

[a] Retinitis proliferans.

Versuchen wir nach diesen Beobachtungen ein Krankheits-Bild zu zeichnen.

Die *erworbenen Blutgefäss-Neubildungen*, welche von dem Sehnerven-Eintritt (oder seiner nächsten Nachbarschaft) in den *ziemlich klaren Glaskörper* vordringen, natürlich aber doch von einer ausserordentlich feinen, fast unsichtbaren, bindegeweb-ähnlichen Masse umhüllt sind, entstehen im Verlaufe der *hämorrhagischen Entzündung der Netzhaut und des Sehnerven*. Ursachen der letzteren sind *erworbene Syphilis, Zucker-Harnruhr, greisenhafte Arterien-Erkrankung*. Die Mehrzahl der Kranken ist bejahrt (50 und selbst 60 Jahr alt); einige aber noch jugendlich, in den zwanziger Jahren. Zwischen dem Beginn der Blutung und der Blutgefäss-Neubildung pflegt, so weit man es beobachten konnte, einige Zeit zu verstreichen, etliche Monate, selbst einige Jahre. Die Blutgefässe können wieder verschwinden; zweimal ist dies bisher (bei Lues) beobachtet worden. Die Sehstörung durch die begleitende Netzhaut-Entzündung ist meist ziemlich merkbar (S = $^1/_6$ bis $^1/_{10}$), aber auch einiger Besserung fähig.

Es ist *nicht so ganz leicht*, die Diagnose zu stellen, bezw. eine richtige Anschauung zu gewinnen. Man muss im *aufrechten Bild* untersuchen, und stets den Finger an der Drehscheibe halten, um für die *verschiedenen* Strecken der so zarten Gefäss-Linien ganz genau einzustellen. Mit den Resten der fötalen Glaskörper-Gefässe hat die in Rede stehende Bildung nicht die geringste Aehnlichkeit, auch nicht mit „einer arteriellen Gefäss-Schlinge, die von dem Sehnerven in den Glaskörper vordringt". —

Wegen der natürlichen Beziehungen zwischen Blutgefäss-Neubildung und Bindegewebs-Bildung im Glaskörper wollen wir eine Besprechung des letztgenannten Zustandes hier anschliessen.

Bindegewebs-Bildung

im Glaskörper kann gleichfalls sowohl einerseits aus dem *fötalen Zustand* zurückbleiben, als auch andrerseits später durch *erworbene* Krankheit entstehen.

Da der foetale Glaskörper zuerst aus Bindegewebe besteht, das später eine schleimige Umwandlung erleidet, so ist das *Zurückbleiben von Bindegewebe*, besonders im Achsen-Strang, ganz wohl *verständlich*. *Sehr wichtig* ist die Kenntniss dieser Zustände, weil *folgenschwere Verwechslungen*, mit Finnen und auch mit Geschwülsten, vorgekommen sind.

A. *Ueber angeborene schlauchförmige Bindegewebs-*

Bildung im Glaskörper und über den sogenannten schlauchartig eingekapselten Cysticercus desselben.[1])

Irrthümer, die von maassgebenden Forschern in die ärztliche Literatur einmal hineingebracht sind, können nicht leicht wieder daraus beseitigt werden. Uebrigens ist uns Epigonen, wenn wir gerecht sein wollen, Milde im Urtheil geboten, falls es sich um Augenspiegel-Befunde aus den ersten Jahren nach Entdeckung des Augenspiegels handelt.

Im Jahre 1855[2]) hat R. Liebreich aus der v. Graefe'schen Klinik einen Fall von schlauchförmig im Glaskörper des menschlichen Auges eingekapselten Cysticercus beschrieben.

Ein 23jähriger Tischler, der auf dem linken Auge seit frühester Kindheit schwachsichtig ist und nach einwärts schielt, zeigt auf diesem Auge eine gleichmässig hellgrüne, von der des andren Auges in der Farbe sehr verschiedene Regenbogenhaut, eine weisse Trübung am hinteren Scheitel der Linse; eine bläulichgraue längliche Blase, die sich fast durch den ganzen Glaskörper (in seiner Mittel-Achse) erstreckt. Vom vorderen Ende des Schlauches gingen strahlige Fäden aus, das hintere setzte sich an einer unregelmässigen Pigment-Figur dicht neben dem Sehnerven-Eintritt fest. Selbstständige Bewegungen der Blase wurden nicht beobachtet. Niemals waren Entzündungs-Erscheinungen vorhanden gewesen. In mehr als einem Jahr trat keine Aenderung des Augenspiegel-Befundes ein.

In demselben Jahr 1855[3]) beschreibt A. v. Graefe einen zweiten Fall, von einem 10jährigen Knaben, bei dem zufällig Schwachsichtigkeit des rechten Auges gefunden worden.

Das Auge las grösste Schrift (Jäger 20) mit Mühe in der Nähe und zeigte in der Mitte des normal ausgedehnten Gesichtsfeldes einen Dunkelfleck. Die Regenbogenhaut war wieder grünlich, von der Farbe des andren Auges abweichend. In der Achse des Glaskörpers liegt wieder der Schlauch; von dem vorderen Ende gehen strahlige Ausläufer aus, welche gegen die

---

1) Vgl. C. Bl. f. A., Maiheft, 1893. — Aehnliche Beobachtungen sind mitgetheilt von Eversbusch, Mitth. aus der königl. Univ.-Augenklin. zu München, 1882, S. 35 und ferner Heidelberg. Ophth. Gesellsch. 1883, S. 168; Dimmer, A. f. A. XIV, S. 54, 1885 (mit guten Abbildungen); A. v. Reuss, Ophthalm. Mitth. aus der zweiten Univ.-Augenklinik in Wien, II. Abth., 1886; Hersing, Klin. Monatsbl. XXII, S. 253, 1884; Mitvalsky, A. f. A. 28, S. 228, 1894; van Duyse, Archives d'ophth. XX, Nr. 4, S. 228, April 1900 und Annales de la Société de Médecine de Gand, Dez. 1899. — E. v. Hippel (Graefe-Saemisch, II. Aufl., II. B., K. IX, § 18) fertigt diese Zustände mit zwei Worten ab, da eine „sichere Erklärung dieser Fälle kaum möglich sei". Verhoeff (Amer. J. of Ophth. XVIII, 5, S. 150, Mai 1900) veröffentlicht einen Fall und findet „nichts ganz ähnliches" in der Literatur. — Vgl. den Fall von Conus optico-hyaloïdeus in Oeller's Atlas, E II.

2) Arch. f. O. I, 2, 343; nebst Fig. II auf Taf. VI.

3) Arch. f. O. II, 1, 263, 1885.

hintere Linsenfläche fächerförmig sich ausbreiten; das hintere Ende ist am Sehnerven-Eintritt befestigt, welcher bis auf zwei schmale, weisse Abschnitte davon verdeckt wird. Der hinterste leere Theil des Schlauches schickt seitlich einen häutigen Fortsatz aus, welcher nach der Schläfen-Seite des Augengrundes hin segelförmig ausgespannt ist.

Diesen Fall habe ich ungefähr 12 Jahre später gesehen und mich überzeugt, 1. dass der Zustand unverändert geblieben, und 2. dass eine angeborene Bindegewebs-Bildung im Glaskörper vorlag.

A. v. Graefe ist dann 1866[1]) noch einmal auf diesen Gegenstand zurückgekommen, mit den folgenden Worten: „Für das Sehvermögen verloren sind alle Augen (mit Cysticercus im Glaskörper) beim spontanen Verlauf, mit Ausnahme der im Glaskörper schlauchförmig eingekapselten Cysticerken, von denen ich merkwürdiger Weise nach den ersten beiden keinen wieder zu Gesicht bekommen.“

Diesen letzten Satz erkläre ich einfach: A. v. Graefe selber hatte zwischen dem Erscheinen des zweiten und des 12. Bandes seines Archivs (1855—1866) die Diagnose mit dem Augenspiegel so weit vervollkommnet, dass er in jenen Irrthum der ersten Zeit nie wieder verfiel.

Doch blieb der Irrthum in den Lehrbüchern, wenigstens wurde er nicht aufgeklärt.[2])

Aber schon 1880, in meiner ersten vollständigen Bearbeitung der Finnenkrankheit des menschlichen Auges,[3]) hatte ich die Sache klargestellt.

„Der Fall von Teale, welcher immer citirt wird, kann vor einer ernsten Kritik nicht Stand halten. Die Patientin klagte über beide Augen, schielte mit dem rechten seit Kindheit. „„Am Centrum der hinteren Linsenfläche ist ein glänzend weisser Fleck, der sich in den Glaskörper verlängert zu einem dunklen grauen Hals, welcher dann plötzlich anschwillt in einen blasenförmigen Körper. Glaskörper klar. Niemals Entzündung. Nach zwei Jahren derselbe Zustand.““ Wir haben nie einen solchen Fall von Cysticercus gesehen und glauben, dass es sich um angeborene Schlauchbildung im Glas-

---

1) Arch. f. O. XII, 2, 188.

2) Graefe-Saemisch IV, 2, Cap. V, S. 710—711, 1876, L. v. Wecker. — Traité complet d'ophth. par L. de Wecker et E. Landolt, Paris 1886, II, 581, 582. Leuckardt, Parasiten, II. Aufl., 1879—1886.

Neuerdings haben Mitvalsky (1894), Kraemer (1899), in Graefe-Saemisch, II. Aufl. B. X, c. XVIII, und E. v. Hippel (1900), ebendaselbst B. II, c. X, rückhaltlos meiner Auffassung sich angeschlossen.

3) Eulenburg's Real-Encyclop., Cysticercus im Auge. (Vgl. auch die 2. Aufl.)

körper handelt. Wir haben auch von A. v. Graefe's zwei Fällen des „„eingekapselten Cysticercus"" (Arch. I, 2, 343) den einen selber gesehen und rechnen ihn zu der gleichen Categorie von Fällen." [1])

Selbstverständlich habe ich in meiner letzten Arbeit über die Finnenkrankheit des menschlichen Augapfels [2]) meiner Ueberzeugung von Neuem Ausdruck gegeben. Aber besser, als durch diese geschichtlich-kritischen Bemerkungen, kann ich den Gegenstand durch genaue Beschreibung eines meiner hierher gehörige Fälle erläutern,

Am 17. Mai 1892 kam ein 21 jähriges Fräulein zur Aufnahme wegen Auswärts-Schielen des rechten Auges, von 30—35° beim Nahe-, von 50—70° beim Fern-Sehen. Durch Vornähung wurde die Stellung verbessert. Das linke Auge ist normal, S = 1, G. F. n., O. n. Das rechte hat S = $^1/_6$. Aussengrenzen des G. F. normal, Dunkelfleck nahe der Mitte. (Im wagerechten Durchmesser schläfenwärts vom Fixirpunkt, und zwar vom 2. bis 20. Grad.) Die Regenbogenhaut ist heller, nämlich im kleinen Kreis lichtbraun, im grossen mehr grünlich; während die des linken Auges durchaus lichtbraun gefärbt ist. Die Eintritt-Stelle des Sehnerven ist nicht zu sehen. Man erkennt aber den Ort, wohin die hauptsächlichen Blutgefässe der Netzhaut zusammenstrahlen (*a*, Fig. 97). Darunter sind zwei helle Stellen im Augengrund (*b*, *c*), aus deren einer ein Netzhaut-Blutgefäss auftaucht. Die ganze Gegend (*a*, *b*, *c*) ist durch einen Pigmentsaum (*d*) nasenwärts begrenzt und etwas heller, als der sonst normal geröthete Augengrund. Dicht vor diesem Sehnerven-Abschnitt des

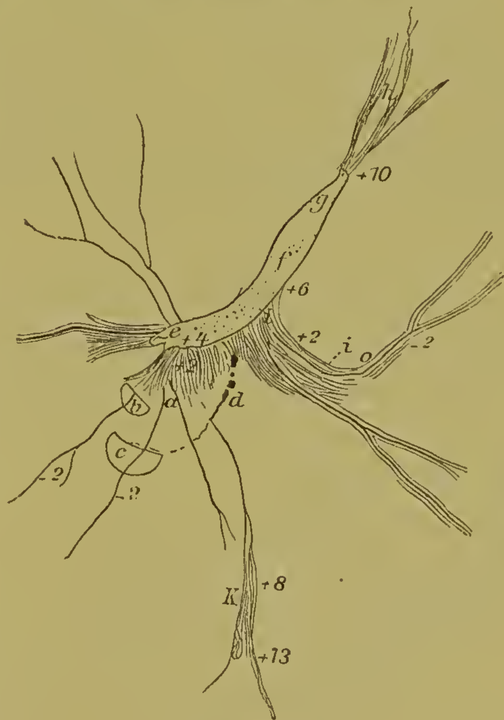


Fig. 97.

1) „Ich beobachte jetzt (1880) einen Fall von typischer Ret. pigment. bei einem Jüngling, mit noch gutem, centralen Sehvermögen, wo beiderseits eine cysticercus-ähnliche Blase, links sogar mit weissem Punkt, vor dem Sehnerven-Eintritt schwebt. Es ist ein Entzündungs-Product ohne selbstständige Bewegung."

2) Berl. klin. W. 1892, Nr. 14 flg. Vgl. Centralbl. f. A. 1892, S. 302.

Augengrundes befindet sich das hintere Ende (*e*) eines bläulichen Schlauches (*e*, *f*, *g*), der weit (mindestens 4—5 Mm.) in den Glaskörper vordringt.

Das hintere Ende (*e*) steht durch ein mit dreieckiger Oeffnung versehenes Zeltdach von Faserhäutchen mit der Sehnerven-Gegend in Verbindung. Seine Mitte (*f*) sendet einen mit diesem Zeltdach verbundenen segelförmigen Fortsatz (*i*) nasenwärts zur Netzhaut, und darin einige Blutgefässe, die in der Netzhaut sich verästeln und weithin von zarten, graublauen Bändern wie umsäumt erscheinen.

Das vordere Ende (*g*) des wurm-ähnlichen Schlauches geht über in strahlig aufgefaserte Fortsätze (*h*), die auch ein deutlich erkennbares Blutgefäss enthalten und nach oben gegen die Linsen-Hinterfläche ziehen. Unten geht von letzterer ein Strang (*k*) mit Fortsätzen aus und in einen äusserst feinen Faden über, der nach hinten gerichtet ist und mit grosser Mühe in einen der Fäden verfolgt werden kann, in welche nach vorn zu die Schlauch-Bildung sich auffasert. — 1896 genau derselbe Befund.

Die Zeichnung, welche ich in Fig. 97 entworfen habe, ist mangelhaft, zumal natürliche Schwierigkeiten bestehen: es ist unmöglich darzustellen, dass *g* so weit vor *e* und auch *k* vor *d* liegt; dass *i* von der dem Beschauer abgewendeten Hälfte des Schlauches entspringt u. dgl.

Das wichtigste scheint mir die Thatsache zu sein, dass angeborene Verbildungen des Auges so ausserordentlich typisch[1]) sich gestalten.

So ist in der vorliegenden Abweichung, die als Verdichtung und Bestehen-Bleiben des die foetale Glaskörper-Schlagader umgebenden Bindegewebes aufzufassen sein dürfte, immer das folgende gleichzeitig zu beobachten:

1. Hellere Verfärbung der Regenbogenhaut.

2. Ein bläulicher Schlauch, der von der Gegend des Sehnerven-Eintritts, wo immer Unregelmässigkeiten im Pigment des Augengrundes sich vorfinden, durch den Glaskörper nach vorn zieht, hinten durch zeltdach-ähnliche Faserhäute befestigt ist, von seinem Körper flügelförmige Fortsätze zur Netzhaut sendet.

1) Mitvalsky betont, dass auch andre angeborene Bindegewebs-Bildungen im Glaskörper, neben Colobom, vorkommen. Das ist ganz richtig; beweist aber nichts gegen den von mir aufgestellten Typus.

vorn in feine Fasern und Häutchen ausstrahlt, die nach der Hinterfläche der Linse auseinanderfahren.

3. Schwachsichtigkeit des befallenen Auges, mit einem Dunkelfleck in der Gesichtsfeld-Mitte, und Schiel-Stellung.

Schwierigkeiten der Deutung entstehen, wenn die bleibende Glaskörper-Schlagader nebst angeborener Bindegewebs-Bildung sich complicirt mit den Veränderungen des Augengrundes durch angeborene Lues, wie ich dies bei einem 5jährigen Kinde gefunden und 12 Jahre hindurch weiter beobachtet habe. Eigenartig ist auch der Befund, wenn eine solche mächtige Bindegewebs-Bildung innerhalb und vor dem Colobom der Augenhäute erscheint.

So lange die irrthümliche Diagnose eines schlauchförmig eingekapselten, also gewissermaassen ausgeschalteten Cysticercus gestellt wurde, war die Gefahr einer verkehrten Behandlung verschwindend gering; aber die Bildung ist auch mit Netzhaut-Markschwamm verwechselt worden!

16. I. 94 wurde mir ein 12 j. Knabe aus der Provinz vorgestellt, mit der Frage, ob es nothwendig sei, sein rechtes Auge, dessen Schwachsichtigkeit erst vor kurzem entdeckt worden, wegen Geschwulst-Bildung zu

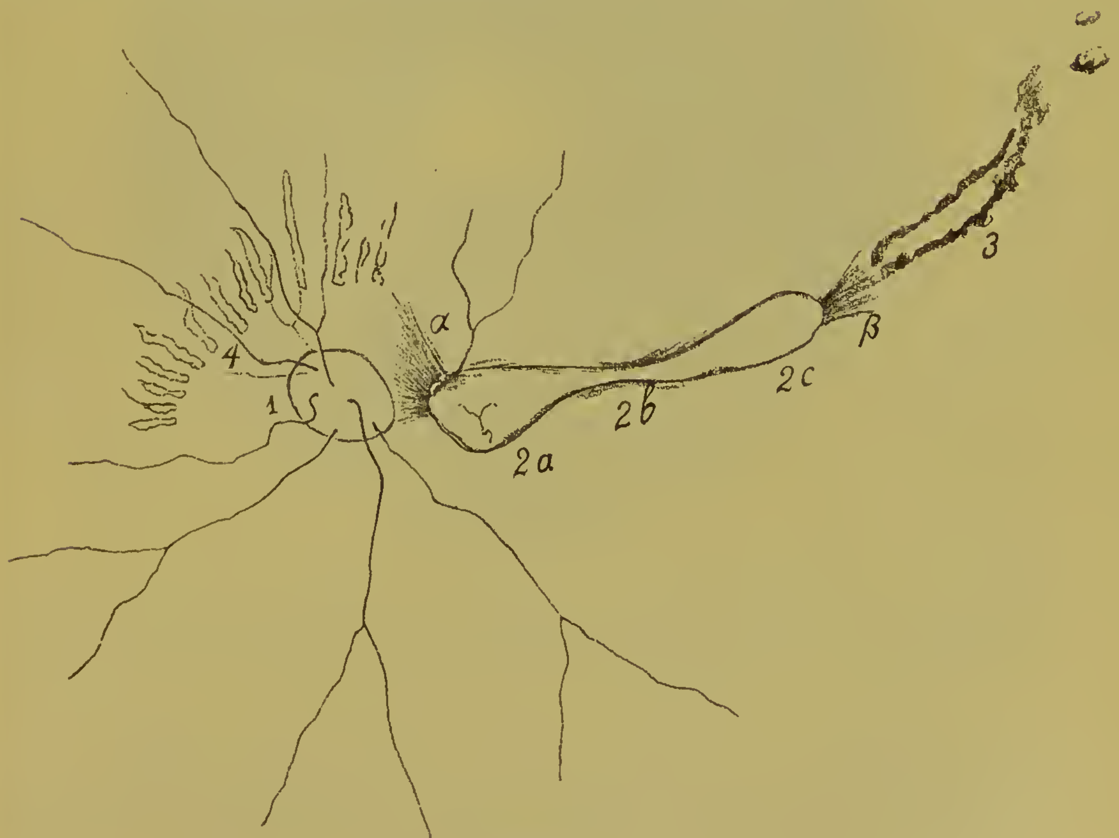


Fig. 98.

entfernen. Sein linkes Auge ist normal, das rechte schielt nach aussen (5—35°), zählt die Finger auf 1 Meter und hat ein ziemlich allseitig verengertes G. F.

Der Sehnerven-Eintritt (1, Fig. 98) ist gelbroth, etwas unregelmässig. Eine bläuliche schlauch- oder zwerchsack-ähnliche Bindegewebs-Masse (2 a, 2 b, 2 c) sitzt im Glaskörper, der hintere Theil (2 a) mit + 2 *D*, der vordere (2 c) mit + 8 *D* sichtbar. Der hintere Theil (2 a) ist durch eine schwimmhaut-ähnliche Ausbreitung (α) mit der Netzhaut verbunden, die hierselbst grünlich aussieht und z. Th. Scheiden um die Blutgefässe zeigt. Ein zweiter Fortsatz der Art (β) führt zu einem pigmentirten Streifen (3) im Augengrund. Eine vordere Ausstrahlung des Bindegewebs-Schlauches ist in diesem Fall nicht wahrnehmbar, ebenso wenig eine Anheftung an die Linse. Bei 4 sieht man eigenthümliche Reflexe (mit 0 bis + 3 *D*), die wohl auf Glaskörper-Abhebung beruhen. — Ich schickte den Jungen sofort nach Hause, in die Schule. Nach 6 Jahren (1900) sah ich ihn wieder, der Zustand war ganz unverändert.[1])

Fig. 99 stellt das aufrechte Bild des r. Augengrundes von einem 16 j. dar, der 9. VI. 1891 aufgenommen wurde.



Fig. 99.

L. Auge gesund, My 2 *D*. R. Auswärtsschielen von 40°. Finger in 2 M. G. F.-Grenzen *n*., grosser Dunkelflecken vom 25. Grad schläfenwärts bis gegen

1) Der Fall, welcher wirklich, unter der Diagnose Markschwamm der Netzhaut mittelst der Ausschälung des Augapfels behandelt wurde, gehört wohl im Grossen und Ganzen hierher, war aber doch etwas abweichend, insofern die weissliche, mit Blutgefässen versehene Masse hinter der Linse beobachtet wurde. (Vgl. Vassaux, Archiv. d'ophth., III Nr. 6, 1883; u. oben, S. 197.)

den Fixir-Punkt. Eine mächtige, weit in den Glaskörper hervorragende Bindegewebs-Bildung sitzt in der Gegend des Sehnerven-Eintritts und sendet zahlreiche strangförmige Ausläufer aus, welche fast alle an pigmentirten Herdchen der Netzhaut endigen. Der Rand der Bindegewebs-Bildung ist zum grossen Theil scharf und durch feine, gleichlaufende Fasern an den Augengrund geheftet. Unten-aussen tritt neben der Masse ein Theil einer 3 P breiten, vertieften Scheibe hervor, die in der Mitte mehr grauroth, am Rande gelblich erscheint und einige Hauptgefässe in die Netzhaut hervorsendet, — wohl ein Colobom des Sehnerven. In der Mitte der Netzhaut feine, dunkle Stippchen. — (V o r n ä h u n g. Nach 8 Jahren derselbe Befund im Augengrunde.) —



Fig. 100.

Am 10. III. 91 kam eine 23 j., welche erst seit 1 Jahre r. Sehschwäche b e o b a c h t e t haben will. (Finger auf 1 M., G. F. *n.*, mit Dunkelfleck von 8—10° in der Mitte.)

Neben dem Sehnerven-Eintritt sitzt ein bläuliches, flach-flaschenförmiges Gebilde vor der Netzhaut, unten mit Fransen, mittelst feingestreifter Fortsätze nach oben mit der Netzhaut und nasenwärts mit dem Sehnerven verbunden (Fig. 100). Wie man aus den beigefügten Zahlen erkennt, beträgt die Hervorragung des Gebildes über die Netzhaut nur 0,6 Mm.

Uebrigens kommen auch g a n z z a r t e F o r m e n derselben Abweichung vor, o h n e S e h s t ö r u n g.

Ein 55 j. kam 16. X. 96 zur Wahl der Lesebrille. Bds. + 0,75 *D* ⌣ + 0,75 *D* e. ↠ $S = {}^5/_6$. G. F. *n.* Links sehe ich den Sehnerven mit — 2 *D*; an seinem oberen Rande haftet mittelst einer zarten, haut-ähnlichen Ausbreitung ein bläulicher Schlauch, der zahlreiche Ausbauchungen zeigt (0 *D* bis + 7 *D*); mit + 8 *D* sehe ich die vordere Ausstrahlung. An der Linse ist (ohne künstliche Pupillen-Erweiterung) nichts zu entdecken.

In manchen Fällen ist es schwierig festzustellen, ob die Bindegewebs-Bildung wirklich a n g e b o r e n oder aber in früher Kindheit, z. B. durch syphilitische Netz-Aderhaut-Entzündung, e r w o r b e n ist.

Auf die erworbenen Bindegewebs-Bildungen werde ich noch zurückkommen bei Besprechung der sogenannten Retinitis proliferans. Hier möchte ich nur das hervorheben, dass man in seltnen Fällen nach innerer Entzündung in Folge von angeborener Lues, mit den Resten der diffusen Hornhaut-Entzündung, eine grünliche, hervorragende Leiste im unteren Theil des Glaskörpers findet, oder eine weissliche feste Masse, die im gröberen Verhalten eine gewisse Aehnlichkeit mit jenen angeborenen, schlauchförmigen Bildungen darbietet.

Sehr merkwürdig sind auch die Bindegewebs-Bildungen, welche nach (Revolver-) Streifschuss des Augapfels auftreten.

Ein 40j. schoss sich am 11. IX. 96 in die rechte Schläfe und war und blieb bds. stockblind. 2. XI. 96: R. grosser Aderhaut-Riss, Blut-Ergüsse in Netzhaut und Glaskörper. L. nicht gehörig durchleuchtbar; Blut im Glaskörper und Augengrund, Aderhaut-Riss. 10. XI. 96: L. klarer; bläulich-weisser Augengrund mit grossen Blutflecken. 17. XII. 96: L. schmerzhaft, gespannt, trüb; wohl neuer Blut-Erguss.

14. I. 97: L. im Glaskörper helle, schildförmige Trübung mit Blut-Streifen. 11. II. 97: Gefäss-Bildung im gelblich-trüben Glaskörper nimmt zu, gegen die untere Peripherie zu ist die Masse orange-farben. 11. III. 97 beginnt Linsen-Trübung, welche 25. IX. 97 das Bild des von Blutgefässen durchsetzten, trüben Glaskörpers wieder zugedeckt hat.

Es giebt ganz räthselhafte Fälle von spontaner Bindegewebs-Bildung im Glaskörper, deren Aufklärung erst in der Zukunft von der pathologischen Anatomie zu erhoffen ist.

1) Ein 29j. Kaufmann kam 14. XI. 95 zur Aufnahme. Seit 15 Jahren kurzsichtig. Merkte am Morgen zuvor, dass das linke Auge erblindet war. Sonst gesund; Urin, Blut normal, Herz normal, nur der erste Ton gespalten. Rechtes Auge normal, My 7 *D.* Links Handbewegungen, aber nur in der unteren verengten G. F. Hälfte. Der Sehnerv, neben dem an der unteren-äusseren Blut-Ader[a] eine kleine Blutung sitzt, sowie der mittlere Theil der Netzhaut sind sichtbar geblieben; aber dieses Bild wird eingerahmt von einer ausserordentlich dicken, bläulichen Masse, die dicht vor der Netzhaut sitzt, rings herum geht und unten breiter ist, als oben.

a) Venula temporalis inferior.

Die Behandlung mit auflösenden Mitteln, Hg, Einspritzungen unter die Bindehaut u. s. w., war ganz erfolglos.

20. XII. 95 ist das Auge nur mässig gereizt, die Pupille weit, nach Atropin-Einträuflung. Die bläuliche Masse hat sich etwas zusammengezogen, so dass der mittlere Theil des Augengrundes besser zu sehen, und zeigt Blutgefäss-Bildung theils nach Art der Netzhautgefäss-Theilung, theils von mehr unregelmässiger Verästelung, theils wundernetz-artig. Nach unten aber ist nicht mehr bläuliche, sondern gelbliche, hervorragende, gefässhaltige Neubildung sichtbar.

4. I. 96: Der bläuliche Wall rückt dichter an den Sehnerven, ist ringsum reichlich mit Blutgefässen ausgestattet und mit rothen Fleckchen, wohl aus Haargefäss-Verflechtungen.

28. I. 96: Der Sehnerv ist überdeckt von der Gewebs-Bildung im Glaskörper, die Reizung stärker. *S* fast aufgehoben. (24. XII. 95 hatte sie sich auf $^{1}/_{200}$; 30. XII. 95 auf $^{3}/_{200}$ vorübergehend gehoben.)

1. II. 96: Ein gelber Schimmer kommt aus der Tiefe hervor, durch gefässreiche Glaskörper-Trübung.

26. II. 96: Reizlos, Tn. Der Sehnerven-Eintritt ist noch schwach angedeutet. Der Glaskörper bildet einen Trichter verdichteten Gewebes, weissbläulich, mit neugebildeten, strahlenförmig verlaufenden Gefässen, an denen Wunder-Netze hängen.

21. VII. 96: T +, Hornhaut leicht rauchig, Augenspiegel-Bild noch ziemlich unverändert. Atropin fortgelassen.

25. VII. 97: Hornhaut leicht gestichelt, Pupille mittelweit, unregelmässig, im nasalen Pupillen-Rand der Iris kleine Löcher, die Linsenkapsel von Blutgefässen überzogen, bläuliche Massen im Glaskörper, an denen Einzelnheiten nicht zu unterscheiden. Ebenso 9. VII. 1899 und 9. IV. 1900: das Auge ist reizlos, nicht durchleuchtbar, bläuliche Massen in der Tiefe, hinter der Linse; T +. In den bisherigen vier Jahren regelmässiger Beobachtung habe ich keine Veranlassung gehabt, die Entfernung des blinden Augapfels anzurathen. Dass eine bösartige Geschwulst vorliege, kann nach der Entwicklung und nach der $5^{1}/_{2}$jährigen Beobachtung wohl ausgeschlossen werden.

2) Ein nahezu 2 j. Mädchen, seit der Geburt schwächlich, bald nach derselben mit Flecken auf dem Körper behaftet, ferner magen-leidend, wurde 16. II. 1897 gebracht, da die Mutter seit 8 Monaten Sehstörung, und seit 5 Monaten einen hellen Schein aus der linken Pupille beobachtet. — Hydrocephalus. Beiderseits, links stärker, bläulicher Reflex aus der Tiefe. Die bläulichen Massen im Glaskörper sind weder buckelförmig begrenzt noch gefässhaltig. S fast null. Hg. — Hintere Synechien wurden merkbar, S hob sich ein wenig; rechts wurde die Masse mehr zusammengezogen, heller, von Blutgefässen durchsetzt; links bildete sich eine schild-förmige Trübung hinter der Linse. Dez. 97 Hg ausgesetzt.

Mai 1898 kann man r. Reste von Neuritis opt. entdecken, bläuliche Massen im Glaskörper sind noch nasenwärts vorhanden, das Auge sieht; links besteht noch bläuliche, schildförmige Trübung hinter der Linse. Aber das Kind wurde sehr elend und bleich, bei guter Intelligenz. 22. VI. 99 links Linsentrübung, r. gelbliche, flottirende Massen im Glaskörper.

Räthselhaft[1]) ist mir auch die weisse Gewebs-Bildung im unteren, vorderen Theil des Glaskörpers, welche ich einige Male bei jungen Mädchen beobachtet habe, theils mit leidlichem, theils mit schlimmem Ausgang für die Sehkraft des befallenen Auges.

1) Ein 16 j. Frl., gesund wie ein Fisch, kam 29. XI. 1897. Vor $2^{1}/_{2}$ Monaten begann das r. Auge zu thränen, was 2 Tage dauerte und nur am 1. Tag mit Schmerz verbunden war. Verschleierung des r. Auges. — L. A. n. R. Finger 4′, G. F. Grenzen *n.*, grosser Dunkel-Fleck, der den blinden Fleck umgiebt und einen breiten Fortsatz nach dem Fixirpunkt hin sendet. R. A. reizlos, Tn; bräunliche Punkte in der Hornhaut, Pupille mittelweit zackig,

---

1) Tuberkulose war nicht vorhanden.

bräunliche Punkte auf der Vorderkapsel, bläuliche spinn-gewebige Trübungen dicht hinter der durchsichtigen Linse, Flocken im Glaskörper; eine ausgedehnte, weisse, bei Tageslicht grünlich-weisse Trübung sitzt aussen-unten dicht hinter der Linse. Augengrund nicht sichtbar. — Gelinde Einreibungs-Kur.

Langsame, aber stetige Besserung. 11. I. 98: Finger in 6′; 28. II. in 8′; 22. III. in 10′; 9. VI. 98 $S = {}^1/_{25}$; 25. VIII. $S = {}^1/_{10}$, G. F. gut, aber mit grossem, länglichem Scotom, das den Mariotte'schen Fleck einschliesst. Hintere Synechie. Die bläulich-weisse Masse hinter der Linse verkleinert, aber noch vorhanden. P sichtbar, mit nach oben angrenzenden, Staphylom-ähnlichem Herd und einer dicken, dicht davor schwebenden Glaskörper-Flocke. 9. VII. 1900 ebenso. — Blühende Gesundheit.

2) Ein 26 j. Frl. kam 1. X. 1890. Im Jan. d. J. merkte sie plötzlich einen grauen Schleier vor dem r. Auge. Dies dauerte nur 2 Tage, kehrte aber stärker wieder im März; die Sehkraft hob sich, ist aber seit einigen Wochen wieder gesunken. Pat. ist blutarm und schwächlich, sonst aber frei von organischen Leiden. L. A. n. (My 3,5 D.) R. A. Finger 5′, G. F.-Ausfall von oben, keilförmig, bis zum Fixir-Punkt. R. bläuliche Glaskörper-Flocken. Aussen unten bläuliche Bindegewebs-Bildung, übergehend in peripherische Netzhaut-Ablösung. (Tannin und Secale, Eisen, Hydrastis.) 19. XI. 1890 tritt Entzündung der Regenbogenhaut hinzu, die frische Ausschwitzung geht bis dicht hinter die Linse. 15. IV. 91: das Auge sieht entstellt aus und sendet einen grauen Schimmer aus der Pupille. Bei seitlicher Beleuchtung erkennt man eine grauweisse Wand hinter der unteren Hälfte der Linse.

28. XI. 91 ist das G. F. geschrumpft zu einer Insel unterhalb des Fixir-Punktes.

Der Abscess des Glaskörpers ist häufig an den wegen Verletzung oder sympathischer Bedrohung des zweiten herausgenommenen Augäpfeln anatomisch zu studiren; seltener und weniger genau aber klinisch, mit Hilfe des Augenspiegels und der seitlichen Beleuchtung.

Selbst in gründlichen Lehrbüchern wird der Glaskörper-Abscess meistens recht kurz abgehandelt. In meinen klinischen Büchern ist derselbe 42 Mal verzeichnet; dazu kommen noch zahlreiche Fälle, wo er secundär auftrat, ferner diejenigen, welche an poliklinischen Kranken beobachtet wurden.

Nur selten vermag man mit dem Augenspiegel oder mit der seitlichen Beleuchtung einen umschriebenen Abscess[1]) in dem übrigens noch durchscheinenden Glaskörper abzugrenzen. 3 Tage nachdem ein 5jähriger am oberen Hornhautrand einen tiefen Nadelstich erlitten, fand ich oben einen dreieckigen weissen Glaskörper-Abscess, welcher etwa $^1/_4$ der (trotz Faserstoff-Ausschwitzung) vollkommen erweiterten Pupille von hinten her deckte. 2 Monate, nach-

1) Gelegentlich besteht dabei noch eitrige Durchsetzung der hinteren Linsen-Schichten. Vgl. A. f. A. IX, woselbst ich auch Abbildungen umschriebener Glaskörper-Abscesse veröffentlicht habe.

dem bei einem 15jährigen die Zündnadel eines Gewehrs aussen-unten nahe dem Hornhaut-Rande durch die Lederhaut in die Tiefe gedrungen, fand ich aussen-unten eine gelbliche, umschriebene, dichte Trübung des Glaskörpers. 15 Tage, nachdem ein Zündhütchen-Splitter innen-oben am Hornhaut-Rande eingedrungen, fand ich einen dreieckigen, grüngelben Abscess unten im Glaskörper.

In andren Fällen von eingedrungenem Kupfersplitter sieht man nach oben noch schwach rothen Reflex mit dem Augenspiegel; nach unten gar nichts; bei Tageslicht erkennt man grünlichen Schimmer, wenn das kranke Auge nach unten gedreht wird. Oder es ist bei metastatischem Glaskörper-Abscess nach oben zu röthlicher, nach unten zu bläulicher Reflex mit dem Augenspiegel zu erhalten.

Nimmt der Process weiter zu, so ist der ganze Glaskörper von klumpigen und streifigen Trübungen durchsetzt, die bei reflectirtem Licht weiss aussehen; wirft man Sonnenlicht mittelst eines kleinen Spiegelchens in's Auge, so schimmert der ganze Glaskörper gelblich.

Die vollständige Vereiterung des Glaskörpers, wie sie z. B. durch Eindringen eines septischen Splitters hervorgerufen wird, giebt zunächst einen weissen Schimmer aus der Tiefe bei der Betrachtung von vorn und auch bei seitlicher Beleuchtung. Aber schon nach mehreren Tagen, oder nach 1—2 Wochen, wird die Farbe gelb, gelegentlich auch grünlich-gelb. 1 Monat, 2 Monate nach schwerer Messerstich-Verletzung fand ich den Glaskörper hell-gelb, goldgelb, mit röthlichen Streifen.

Auch der metastatische Glaskörper-Abscess erscheint zunächst weisslich, später gelbgrün, mit Blut-Streifen. 5 Wochen nach der Entbindung war der vereiterte Glaskörper deutlich gelb, die Peripherie röthlich, wohl durch Blutgefäss-Bildung. Der metastatische Glaskörper-Abscess bei Kindern, nach Hirnhaut-Entzündung, kennzeichnet sich durch eine rein-weisse Farbe, auch noch in den späteren Stadien, — bis die Trübung der Linse den Einblick versperrt; messinggelb hingegen ist der Reflex aus der Tiefe, wenn der bindegewebig geschrumpfte Glaskörper die stark entartete Netzhaut weit nach vorn gezogen hat, während der grosse Raum zwischen Netzhaut und Aderhaut mit blutig-wässriger Flüssigkeit erfüllt ist.

Ablösung des Glaskörpers

vom Hintergrund, anatomisch zuerst nachgewiesen von H. Müller[1]) und studirt von Iwanoff,[2]) ist nur selten mit solcher Klarheit der durchsichtigen Theile verbunden, dass sie klinisch nachgewiesen werden kann, nach Dimmer[3]) als gefässlose, schwappende Blase, die mit dem Augengrund zusammenhängt. Ich glaube nicht, dass man immer eine licht-zurückstrahlende Blase zu erwarten hat. Die eigenthümlichen Reflexe 4, Fig. 98 können wohl auch als Glaskörper-Ablösung gedeutet werden. Vielleicht auch die von Weiss[4]) beschriebenen Reflexe in kurzsichtigen Augen, auf die wir noch zurückkommen werden.

Es ist wohl richtig, dass manche Trübungen des Glaskörpers, z. B. eitrige, die um eingedrungene Fremdkörper sich bilden, oder bindegewebige, die eine Folge der angeborenen Lues oder auch von Verletzung sind, die Bedeutung von Glaskörper-Abhebung besitzen. Aber im Ganzen hat die letztgenannte Veränderung mehr ein pathologisch-anatomisches Interesse, was auch schon L. v. Wecker, J. v. Michel u. A. hervorgehoben haben.

Im Jahre 1881 kam ein 29j., der vor einigen Monaten in Folge einer schweren Kopf-Verletzung auf dem rechten Auge stockblind geworden. In dem rothen Reflex der erweiterten Pupille sieht eine Figur, wie eine Fisch-Reuse, aus starren Fasern, die alle nach hinten zusammenstrahlen und in eine weissbläuliche Masse vor dem weissen Sehnerven übergehen. Aderhaut-Riss. Netzhaut anliegend. Im umgekehrten Bilde erscheint der Trichter, wie eine bläuliche Bindegewebs-Bildung vor der Netzhaut. Es könnte Ablösung des Glaskörpers sein, der von Blutungen durchsetzt war und bindegewebig geschrumpft ist.

Entozoën im Glaskörper.

Die Annahme von Fadenwürmern im Glaskörper des menschlichen Auges beruht auf Verwechslung mit fadigen Glaskörper-Trübungen, Resten der Glaskörper-Schlagader u. s. w.[5]) Wir wollen die

---

1) Sitz.-B. d. phys. med. G. z. Würzburg. (Vgl. A. f. O., XV, 2, S. 3.)

2) A. f. O. XV, 2, S. 1, 1869.

3) Augenspiegel, II. Auflage, S. 131. — Eine fleissige, aber für die klinische Diagnose wenig verwerthbare Arbeit ist „— Le décollement hyaloïdien par le Dr. E. Auquier —" (unter Gayet), Paris 1878, 156 S. — In einem Atlas der Ophthalmoscopie finde ich eine Abbildung der Glaskörper-Ablösung, die mir eher das wahre Staphylom von Scarpa darzustellen scheint.

4) A. f. O. XXXI, 3, S. 239, 1885.

5) Nur ein Mal ist es gelungen, einen vor der Netzhaut im Glaskörper eingekapselten Wurm (von 0,3 Mm. Länge) durch hinteren Lederhaut-Schnitt

Geschichte dieser Irrthümer übergehen. Auch bezüglich der Annahme von Schweine-Finnen[a] im Glaskörper sind Irrthümer vorgekommen[1]) und kommen bei uns namentlich auch jetzt wieder vor, nachdem durch die Fleisch-Schau die Finnenkrankheit des Auges, ein so gefährliches Uebel, so gut wie vernichtet ist.[2]) Wer aber die Sache kennt, wird sich nicht so leicht täuschen lassen.

a) Cysticercus cellulosae.

Ungenau ist die Angabe von Lehrbüchern, dass die Finne entweder von vorn herein im Glaskörper sich vorfindet oder ursprünglich unter der Netzhaut sitzt und später in den Glaskörper durchbricht. Eine Finne, welche im Glaskörper gefunden wird, hat ursprünglich stets unter der Netzhaut gesessen, — allenfalls unter dem ciliaren Theil derselben. Der Keim des Wurms dürfte mit dem Blut in ein Gefäss der Aderhaut, oder auch einmal der Netzhaut selber, eingewandert sein. Entweder verbleibt das Thier unter der Netzhaut oder es dringt in den Glaskörper vor. In zwanzig Fällen anatomischer Untersuchung eines wegen Cysticercus herausgenommenen Menschen-Auges, die ich gesammelt und von denen neun meinen eignen Beobachtungen entstammen, war der Sitz des Wurms eben so häufig hinter der Netzhaut, wie im Glaskörper, obwohl in mehreren Fällen ein, zwei oder drei Jahre seit der Einwanderung des Wurms in das Auge verstrichen waren, und obwohl der Durchbruch des Wurms durch die Netzhaut in den Glaskörper in einigen Fällen unmittelbar mit dem Augenspiegel beobachtet worden war.

Die erste Veränderung besteht in einer grau-blauen, umschriebenen Trübung der äusseren Netzhaut-Lagen, aus welcher nach mehreren (2—4) Wochen eine kleine Cysticercus-Blase entweder gleich in den Glaskörper entschlüpft oder vorläufig noch ihren subretinalen Sitz beibehält. (A. v. Graefe, Ewers, Jany.) In letzterem Falle ist es die unter der ziemlich dicht anliegenden oder auch in grösserer Falte abgehobenen und schlotternden Netzhaut befindliche, kugelig hervorragende, bläuliche, zart durchscheinende Blase von etwa 3—6 Mm. Durchmesser, die eigenthümlichen Interferenz-Farben der Ränder, die weissliche Stelle des Kopf-Theiles,

---

zu entbinden. (Kuhnt, A. f. A. XXIV, 1892.) Nach Leuckart handelte es sich vielleicht um die Larven-Form einer Filaria.

1) Von ganz falscher Diagnose, auf Grund deren man gewagt hat, dem Menschen das Aufschneiden des Augapfels anzurathen, will ich gar nicht reden. Vgl. meine Mittheilung (Pseudo-cysticercus) im C. Bl. f. A. 1886, S. 265.

2) Vor der Einführung der Fleisch-Schau kamen bei mir auf 60000 Augenkranke an 70 Fälle, nach der Einführung (oder Wirkung) der Fleisch-Schau auf 73000 Augenkranke nur drei Fälle, darunter zwei von auswärts. (Vgl. J. Hirschberg, Finnenkr. d. A., berl. kl. W. 1892, Nr. 14; 25 j. Bericht, S. 84.) Die weiteren Jahre 1895—1900 mit etwa 50000 Augenkranken haben lediglich Bestätigung geliefert.

die spontanen, wellenförmigen Bewegungen der Blase, die Eigenbewegungen des Kopf-Theiles, welche die Diagnose sichern. Besonders charakteristisch ist der Blasen-Kontur auch im aufrechten Bilde, bei leichter Drehung des Spiegels. Die durchscheinende, blau-graue Blase erscheint an der Umbiegung-Stelle (Rand-Partie) undurchsichtiger, indem sie eine erst zartweisse, schliesslich in's Rothe stechende Tünchung annimmt. Oefters sah man den Wurm zwischen Netzhaut und Aderhaut nach abwärts sich senken und die Netzhaut später durchbohren. Das ursprünglich subretinale Nest und die Bahn der späteren Senkung können noch lange Zeit hindurch deutlich bleiben. Ich sah den subretinalen Cysticercus nach abwärts rücken und dabei grösser werden; zu einer gewissen Zeit war oberhalb des Wurms eine helle Figur, wie aus drei aufeinander gesetzten Stücken, nach oben hin sich verjüngend, sichtbar.

Bei freiem Sitz im Glaskörper sind ferner die pendelnden Bewegungen des Kopfes, das Aus- und Einstülpen desselben, selbst das Vorstrecken und Zurückziehen der Saugnäpfe, wodurch der Kopf eine sehr wechselnde, bald längliche, bald kurze und dicke Gestalt annimmt, und auch Bewegungen des Rostellum zu beobachten. (A. v. Graefe, Nagel, E. v. Jäger, O. Becker, Hirschberg.)

Eine 18 j. Magd kam 1874 wegen einer seit 5 Monaten bestehenden Sehstörung des l. Auges. $S = 1/\infty$, Augapfel reizlos. Nach aussen oben von *P.* liegt ein 9 Mm. langer Cysticercus frei. Von seiner inneren-unteren Seite zieht ein zartes, getüpfeltes Häutchen zu *P.* Der Rand der Blase irisirt lebhaft. Man beobachtet lebhafte Einschnürungen der Blase und deutliche Bewegungen des vorgestülpten Kopf-Theils. Der letzte ist bald kürzer und dicker, $= 1/3$ der Blase; bald länger und dünner, $= 1/2$; bald in der Mitte eingeschnürt, bald in zierlicher Wellen-Linie gebogen. Bald ist ein seitlicher Saugnapf, bald das untere Ende des Kopfes rüssel-förmig vorgeschoben; der Kopf bald mehr sphaerisch, bald platt-münzenförmig. Die Blase fein getüpfelt. — End-Ausgang unbekannt.

Beim weiteren Wachsthum des Wurms und der durch seine Anwesenheit bedingten Glaskörper-Trübungen, die durch ihre zusammenhängende Beschaffenheit bei verhältnissmässig grosser Durchsichtigkeit sich auszeichnen,[1]) wird die Diagnose allerdings schwieriger. Sie kann aber von dem Erfahrenen noch lange Zeit mit Sicherheit gestellt werden, namentlich mittelst des umgekehrten Bildes bei Benutzung starker, ein grosses Gesichtsfeld zulassender Sammel-Gläser. (Die zu diesem Behufe — von A. v. Graefe, A. f. O., XII, 2 —

1) A. v. Graefe. (A. f. O. III, 2 und XII, 2.) — Das Eigenthümliche der in den späteren Stadien bei Cysticercus des Augengrundes vorkommenden Trübungen besteht darin, dass sie ein System übereinanderliegender, schleierartiger Vorhänge bilden, welche durch das Auge ziehen. Sie finden sich auch bei subretinalem Sitz des Wurms.

verwendete Linse, von + $^5/_4$″ oder $1^1/_2$″ Brennweite, wurde von uns als Cysticercus-Linse bezeichnet.) Hierbei gelingt es noch, einen mehr oder minder grossen Theil der halbverhüllten, grossen Blase auf einmal zu überschauen. In späteren Stadien aber, wo inmitten der Glaskörper-Trübungen nur nach einer gewissen Richtung hin ein begrenzter, bläulicher Reflex wahrnehmbar bleibt, ist die directe Erkennung unmöglich, und die Diagnose nur mit einiger Wahrscheinlichkeit zu stellen, — bis dann endlich die immer mehr wachsenden Trübungen der brechenden Medien den Einblick in's Augen-Innere völlig versperren. In gänzlich erblindeten Augäpfeln, die wegen fortbestehender Reizung enucleirt wurden, ist mitunter, ziemlich unvermuthet, Cysticercus gefunden worden. Noch interessanter sind diejenigen Fälle, wo nach gänzlicher Trübung der licht-brechenden Theile, lediglich auf dem Wege der Ausschliessung, die Diagnose „Finne im Augapfel“ gestellt und durch die, sei es chirurgische, sei es anatomische, Eröffnung des Augapfels bestätigt worden ist. (A. v. Graefe, Hirschberg.)

Heutzutage würde man bei uns nicht mehr so leicht diese Wahrscheinlichkeits-Diagnose wagen können. Die Augen-Finne hat den Höhepunkt ihrer Häufigkeit aus Nord-Deutschland nach dem Süden und Osten von Europa, nach Süd-Italien und nach Portugal, verlegt.

Anm. Entdeckt hat den Cysticercus in den tieferen Theilen des Auges A. v. Graefe. (A. f. O. I, 1, 457—465, 1854.) Er und A. Graefe haben das meiste zur operativen Entfernung des Wurms beigetragen. Die vollständigsten Darstellungen über die Augen-Finne sind von J. Hirschberg, Eulenburg's Real-Encycl. II. Aufl. und Berlin. klin. W. 1892, 14; ferner von Kraemer, Graefe-Saemisch's Handbuch, II. Aufl., X. B. c. XVIII, 1899.

20. Die objective Refractions-Messung.

Der planmässige Gang der Augenspiegel-Untersuchung hatte zuerst die An- oder Abwesenheit von Trübungen festzustellen. Zweitens ist darnach die wichtigste optische Constante, der Fernpunkt-Abstand oder die Refraction des untersuchten Auges, objectiv zu prüfen.

Hierin liegt der grösste Triumph der Diagnose mit dem Augenspiegel. Ohne dass der Kranke den Mund zu öffnen braucht, bestimmen wir ganz genau die Brille, die er zum Fernsehen braucht oder brauchen würde.[1])

1) Und damit auch gleichzeitig, mit Berücksichtigung des Alters und der Bedürfnisse des Hilfe-Suchenden, die Lese- oder Arbeits-Brille, — es sei denn,

So bestimmen wir objectiv mit Hilfe des Augenspiegels die Refraction bei kleinen Kindern und bei Schwachsinnigen, die nicht gehörig reden können, bei Heuchlern und Schein-Kranken, welche die Wahrheit nicht sagen wollen; wir bestimmen die Einstellung von längst erblindeten Augen, falls die Durchsichtigkeit der brechenden Mittel nicht gelitten, mit fast unfehlbarer Sicherheit. So gewinnen wir wichtige Anhaltspunkte für die Diagnose, da viele Krankheiten und Erblindungen im engsten Zusammenhang mit dem Brechzustand stehen, z. B. Netzhaut-Ablösung mit hochgradiger Kurzsichtigkeit, Drucksteigerung hingegen mit Uebersichtigkeit. Es ist dies keineswegs eine schulmeisterliche Kleinigkeits-Krämerei: die wichtige Frage, ob ein Augapfel wegen bösartiger Geschwulst-Bildung[1]) zur Lebensrettung entfernt werden soll, bedarf zu ihrer Lösung öfters der objectiven Refractions-Messung mit Hilfe des Augenspiegels.

Man muss nicht glauben, dass diese Messung eine neue Entdeckung sei, — etwa weil die Urheber mancher neuen Spiegel die letzteren mit dem Namen der „Refractions-Ophthalmoskope“ zu bezeichnen lieben!

In H. Helmholtz's erster Schrift über den Augenspiegel ist, wie fast Alles, so auch dieses schon mit genügender Klarheit angedeutet; es heisst daselbst S. 38: „Uebrigens kann man sich, wo es nöthig werden sollte, durch den Augenspiegel leicht objectiv von dem Vorhandensein und von dem Grade der Kurz- oder Weitsichtigkeit der beobachteten Augen überzeugen. Der Beobachter untersuche vorher ein gesundes Auges, welches er Gegenstände in verschiedenen Entfernungen fixiren lässt, und merke sich, welche Concavgläser er bei den verschiedenen Adaptationsstufen desselben gebraucht habe. Bei der Untersuchung eines jeden anderen Auges erfährt er alsdann aus der Nummer des Concavglases, durch welches er die Netzhaut deutlich sah, die entsprechende Adaptationsweite des beobachteten Auges. Der Beobachter ist hierbei von den Aussagen des Andern ganz unabhängig, da er selbst gleichsam mit dessen Auge, wenigstens mittelst der brechenden Theile dieses Auges, sieht. So war ich zum Beispiel im Stande, in einem vollständig amaurotischen Auge auf diese Weise mich zu überzeugen, dass dasselbe zugleich in hohem Grade kurzsichtig war.“

---

dass der Accommodations-Apparat durch irgend eine Krankheits-Ursache eine Lähmung oder Schwächung erfahren habe, die wir nur mit Hilfe des Brillenkastens und der Leseproben uns zu veranschaulichen vermögen.

1) Sarcoma chorioïdis.

Allerdings ist die vollkommene Ausbildung eines bequemen Verfahrens, wobei der Wiener Schule und namentlich Eduard v. Jäger und seinem Schüler Ludwig Mauthner das allergrösste Verdienst zukommt, den Augenärzten erst seit einigen 30 Jahren gelungen, — Manchen auch heute noch nicht. Ich selber habe mich durch viele Tausende von Einzelprüfungen gleichfalls davon überzeugt, dass die Refractions-Messung mit dem Augenspiegel im Allgemeinen verlässlichere Ergebnisse liefert, als die mit Probirgläsern.

Für die übergrosse Mehrzahl der Fälle ist zur objectiven Refractions-Messung das aufrechte Netzhautbild vorzuziehen. Will man eben von den dioptrischen Verhältnissen des untersuchten Auges eine klare, sinnliche Anschauung gewinnen, so muss man das von dem untersuchten Auge selber gelieferte Netzhaut-Bild möglichst unmittelbar betrachten, — nicht aber das durch eine starke Sammel-Linse von 2 bis 3 Zoll Brennweite (20, bezw. 13 *D*) so wesentlich veränderte, umgekehrte Bild. Eine solche Sammel-Linse entwirft von allen Gegenständen, die von ihr weiter, als um das Zehnfache der Haupt-Brennweite, entfernt sind, in unmittelbarer Nähe ihrer hinteren Haupt-Brenn-Ebene umgekehrte, verkleinerte Bilder, deren relative Lage gegeneinander scharf abzuschätzen fast unmöglich ist. Das Bild des Astigmatismus[1]) ist schwer zu erkennen, weil es durch jene Sammel-Linse leicht erst hervorgerufen wird. Alle Verfahren mit Hilfe des umgekehrten Bildes, welches durch eine starke Sammel-Linse entworfen wird, die Einstellung zu messen, haben nur einen geringen Werth für Unterricht und Kunst-Uebung. (Auszunehmen ist hier nur der Fall der hochgradigen Kurzsichtigkeit des untersuchten Auges, welches dann ja ohne vorgehaltenes Sammel-Glas ein directes, umgekehrtes Bild liefert, dessen Nützlichkeit und Verwerthbarkeit für die objective Refractions-Messung wir bereits oben [S. 48] ausführlich geschildert haben.)

Der Plan, das aufrechte Bild zur Refractions-Messung zu verwenden, ist leicht verständlich, wird aber in der Regel von den Anfängern nicht leicht verstanden. Wenn man einen Blick auf die Figuren wirft, welche den Strahlengang bei dem aufrechten Bilde darstellen, so wird ein Satz einleuchten, der die ganze Wahl der Hilfsgläser beherrscht: Dasjenige Hilfsglas ist das passende.

---

1) Von *ἀ-* und *στίγμα* Punkt. Ein mittelmässiger Name für den wichtigen Begriff, dass das von einem Punkt ausgehende Strahlen-Bündel nach der Brechung im Auge nicht wieder in einen Punkt sich vereinigt. Der überaus wichtige Gegenstand wird später in einem besonderen Hauptstück dieses Buches abgehandelt werden.

für welches der Fernpunkt des Untersuchers und der des Untersuchten zwei zusammengehörige Bildpunkte

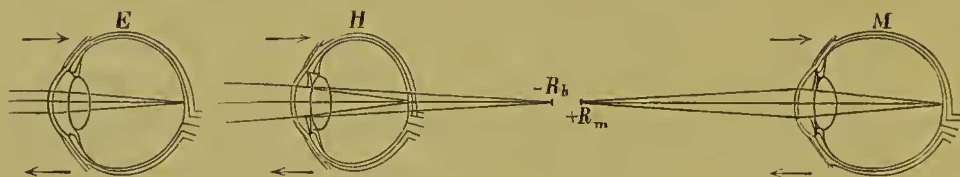


Fig. 101.

darstellen; oder mit andren Worten, welches den Fernpunkt des Untersuchten nach dem Fernpunkte des Untersuchers verlegt.[1])

a) Combinationen. Neun Zusammenstellungen[a)] sind überhaupt möglich, — nämlich, wenn man mit den grossen Buchstaben die Einstellung des Untersuchers, mit den kleinen die des Untersuchten bezeichnet:

Ee, Em, Eh;
Me, Mm, Mh;
He, Hm, Hh.

---

1) Der mathematische Ausdruck dieses Satzes lautet: $1/C = -(1/R' + 1/r')$. C ist der absolute Werth der Haupt-Brennweite des Hilfsglases. R' ist der Fernpunkt-Abstand des Untersuchers, r' der des Untersuchten, beide vom Knotenpunkt des Hilfsglases aus gerechnet. Bezeichnet man (nach Th. I, S. 119 und 129) als praktisches Maass der Ametropie die Brechkraft der empirisch gefundenen Hilfs-Linse, welche das ametropische Auge in ein praktisch-emmetropisches umwandelt, und deren Knotenpunkt bei den gewöhnlichen Brillen-Gestellen etwa $1/2''$ (= 13 Mm.) vor dem des Auges steht; so ist $1/R'$ das praktische Maass der Ametropie des Untersuchers. R' erhält für M das Plus-, für H das Minus-Zeichen. Dagegen ist, wenn $1/r$ das praktische Maass der Ametropie des Untersuchten bedeutet, $r' = \pm(r - 1)$ in Zollmaass, d. h. für M ist $r' = r - 1''$, für H ist $r' = r + 1''$ in absoluten Werthen, da bei der Augenspiegel-Correction das Hilfsglas etwa um 1 Zoll weiter vom untersuchten Auge absteht als bei der Brillen-Correction.

Zwei Aufgaben sind überhaupt möglich und kommen vor. Γνῶθι σεαυτόν ist Bedingung der Lösung: der Untersucher muss seine eigne Fernpunkt-Einstellung *(R')* genau kennen. Also ist R' als Constante zu behandeln, r' und C sind variabel. Ist eine der beiden letzteren gegeben, so ist die andre eindeutig festgestellt:

a) Wenn man die Einstellung des Untersuchten *(r)* auf andre Weise ermittelt hat, soll das passende Corrections-Glas C gefunden werden.

b) Wenn C empirisch gefunden ist, soll r' berechnet werden. Diese letztere Aufgabe ist es, die uns hier beschäftigt.

Wenn wir jede der beiden Grössen R' und r' der Reihe nach positiv, negativ oder unendlich-gross setzen, so erhalten wir die neun möglichen Fälle.

Alle diese neun Fälle erledigen sich mit Hilfe des obigen Satzes aus den Begriffs-Bestimmungen der Refractions-Zustände.

1—3. Ein emmetropischer Arzt kann untersuchen ein emmetropisches, ein myopisches, ein hypermetropisches Auge.

1. Blickt ein emmetropisches Auge im dunklen Zimmer ruhig grade-aus, in die Ferne, wobei erfahrungsgemäss sein Accommodations-Muskel sich erschlafft, also seine Krystall-Linse die flachste Form annimmt; so wird das von einem Punkte der beleuchteten Netzhaut-Stelle zurückkehrende Strahlen-Bündel ausserhalb des Auges als paralleles Bündel weiter ziehen. Der emmetropische Beobachter empfängt ein paralleles Bündel; und, wenn auch er seine Accommodation erschlafft, d. h. ruhig grade-aus in die Ferne blickt, so wird dieses parallel einfallende Strahlen-Bündel auf des Beobachters Netzhaut zu einem punktförmigen Bilde vereinigt. Ein Corrections-Glas ist nicht erforderlich.[1]) Sieht ein emmetropischer Arzt bei erschlaffter Accommodation ohne Hilfs-Glas (aber nicht mehr mit dem Hilfs-Glas $+ {}^1/_{40}{}'' = 1\ D$) ein scharfes Bild mittlerer, beziehungsweise dem Mittelpunkt naher Theile der Netzhaut des Unter-

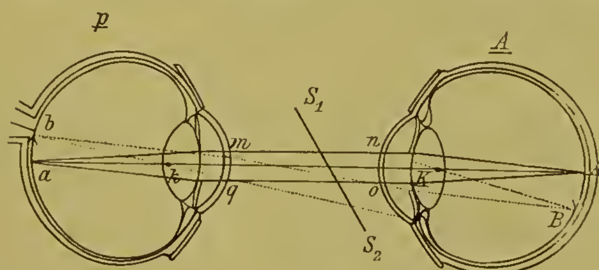


Fig. 102.

suchten, der ruhig in die Ferne blickt; so besteht Emmetropie des Letzteren. (S. Fig. 102.)

2. Der emmetropische Untersucher sehe, bei erschlaffter Accommodation der beiden in Betracht kommenden Augen, den Augengrund nicht ohne Hilfs-Glas, sondern nur mit einem bestimmten concaven, von der Brennweite r', im scharf gezeichneten aufrechten Bilde; so besteht Myopie des Untersuchten, und das praktische Maass derselben wird annähernd gemessen durch die Brechkraft $({}^1/_{r'})$ des durch den Versuch gefundenen Zerstreuungs-Glases. Wer zwischen zwei Concav-Gläsern der Reihe schwankt, wähle das schwächere. (Der Geübte schwankt nicht, der Anfänger wird es auch rasch ver-

1) Oder wenn man will, ein Glas von dem Brech-Werth $0 = 1/\infty \cdot (F = \infty)$. Aus ${}^1/_C = -({}^1/_{R'} + {}^1/_{r'})$ wird ${}^1/_C = 0$, wenn $R' = \infty$; und $r' + \infty$.

meiden lernen, wenn er eine passend abgestufte Reihe benützt; und wenn er stets mit weniger concaven, bezw. stärker convexen Gläser anfängt.)

Beispiel. Es habe der Untersuchte praktische Kurzsichtigkeit $^1/_{10}''$ (= 4 D), d. h. sein schwächstes, ausgleichendes Zerstreuungs-

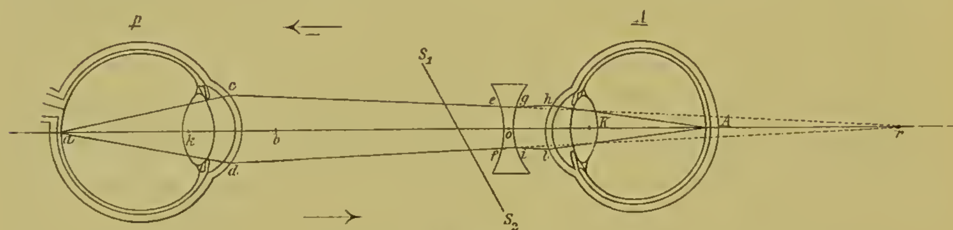


Fig. 103.

Glas zum deutlichsten Fernsehen, $^1/_2''$ vor dem Knotenpunkt seines Auges angebracht, sei $^1/_{10}'' = 4\,D$. Für die ganze Brillen-Wahl gilt eine allgemeine Regel: Dasjenige Brillen-Glas ist das passende zum Fernsehen, dessen Haupt-Brennpunkt, wo das erstere auch stehen mag, mit dem Fernpunkte des untersuchten Auges in denselben Punkt des Raumes zusammenfällt.

Sei, in Fig. 103, p das Auge des Kranken, k sein Knoten-, r sein Fernpunkt, $kr = 10^1/_2''$, b der gewöhnliche Ort des Knotenpunkts eines corrigirenden Brillen-Glases: so muss dieses letztere die Brennweite $br = 10^1/_2 - ^1/_2 = 10''$ besitzen, damit dasselbe ein in der Richtung des oberen Pfeiles einfallendes, von einem sehr fernen Punkte ausgehendes, paralleles Strahlenbündel so zerstreue, als ob es von dem Fernpunkte r (dem zweiten oder vorderen Haupt-Brennpunkte des Concav-Glases) herkäme; damit also das Auge p corrigirt werde für das Fernsehen. Es ist aber möglich (Th. I, S. 120), dass das corrigirende Fernglas nicht in b, sondern in O, etwa $1''$ vor b, stehe; dann muss das Glas, damit es fortfahre zu corrigiren, die Brennweite $Or = 10 - 1 = 9''$ besitzen.

Das von dem Punkte a der Netzhaut des untersuchten Auges (p) ausfahrende Strahlenbündel acd verläuft ausserhalb des Auges als zusammenfahrendes Bündel crd nach seinem Fernpunkt r hin. Nachdem es durch den durchsichtigen Spiegel $S_1\,S_2$ getreten, fällt es auf die Zerstreuungs-Linse O, deren Haupt-Zerstreuungspunkt gleichfalls in r liegt; folglich (Th. I, S. 90, Fig. 30) verlässt es diese Linse als paralleles Bündel $ghil$, und dieses wird vor dem emmetropischen Auge des Untersuchers (A) in den Netzhautpunkt A vereinigt. (Die Strecke Or ist aus Gründen der Deutlichkeit in der Fig. zu kurz gezeichnet.) Könnten wir beim

Augenspiegeln, wobei gemeinhin das Hilfs-Glas[1]) hinter dem Spiegel S_1 S_2 steht, so weit uns annähern, dass der Knotenpunkt des Glases in *b* läge; so brauchten wir wirklich in dem gedachten Beispiel im Augenspiegel dasselbe Glas, wie der Kranke in seinem Brillen-Gestell, nämlich — 10″ = 4 *D*. Thatsächlich können wir gemeinhin nicht so nahe heran; sondern nur so weit, dass der Knotenpunkt des Glases in *O* liegt; wir brauchen also nicht — 10″ (4 *D*), sondern — 9″ (4,5 *D*), ein etwas schärferes Glas.[2])

Im Allgemeinen braucht der emmetropische Beobachter bei der Messung mittelst des aufrechten Bildes etwas stärkere Zerstreuungs-Gläser ($1/r'$), als der Untersucher gebrauchen würde ($1/r$), um sein Auge für parallele Strahlen-Bündel praktisch einzustellen. Aber der Unterschied ($r - r' = d$) ist gering, namentlich wenn wir uns bestreben, *d* in der Mehrzahl der Fälle nicht grösser als 1″ (= 2,5 Ctm.) werden zu lassen.

Der Unterschied ist ganz ausser Acht zu lassen, falls $r' = 40''$ oder 20″, da auch der vollständigste Brillenkasten die Gläser 41″ und 21″ nicht enthält; er ist schon zu berücksichtigen bei $r' = 10''$, da 11″ im Brillenkasten vorkommt; und ausdrücklich in Betracht zu ziehen bei $r' = 3''$, weil derselbe hier 25—30 % der zu ermittelnden Grösse ausmachen würde.

Bei diesen schärferen Gläsern sieht man, wie unbequem dem Anfänger das Dioptrien-Maass ist; und wie überflüssig es scheint, in dieser Weise, aus Salat Essig herzustellen. Man habe durch Versuch mit dem Augenspiegel gefunden — 20 Dioptrien (= ½″). Mit diesem Glase sieht der emmetropische Beobachter ein scharfes Bild der untersuchten Netzhaut. Das Glas ist schärfer, als das praktische Maass

1) Coccius lässt das Hilfs-Glas unmittelbar dem untersuchten Auge (in *b*) vorhalten; dann ist für das im Versuche (mit dem Spiegel) ermittelte Glas die Brechkraft identisch mit dem praktischen Maasse der Ametropie. Ich verfahre öfters so zur Brillen-Nachprüfung, namentlich bei Astigmatikern. Ich setze dem Kranken seine Brille auf und prüfe mit dem Augenspiegel, ob sie corrigirt. Der Reflex des Spiegels im Brillenglase stört hierbei ein wenig. (Man muss den Spiegel um den Stiel, d. h. um die senkrechte Achse, drehen, so dass der Reflex etwas zur Seite wandert.) — Befindet sich die (elektrische) Lichtquelle im Stiel des Augenspiegels, so können wir mit dem Loch der Rekoss'schen Scheibe bis zum Punkt *b* heranrücken.

2) Müssen wir, aus Gründen der Beleuchtung, der Sitte, des üblen Geruches einzelner Kranken oder, um Ansteckung zu vermeiden, noch um einen weiteren Zoll abrücken; so ist — 8″ (= 5 *D*) das durch den Versuch gefundene Glas, und 8 + 2″ = *r*.

der Kurzsichtigkeit des Untersuchten, das erforscht werden soll. Um dies letztere zu finden, muss zu der Brennweite des empirisch aufgefundenen Hilfs-Glases die Differenz (oder der Ueberschuss des Abstandes, nämlich $bo = 1''= 2{,}5$ Ctm.) hinzugefügt werden. Dazu muss der Anfänger die Brennweite des gefundenen Glases von 20 *D* suchen, $f = {}^{100}/_{20} = 5$ Ctm.; zu diesen 5 nun 2,5 hinzufügen; mit 7,5 in 100 dividiren: das giebt 13 Dioptrien als praktisches Maass der Kurzsichtigkeit des Untersuchten. Wird gar von dem Anfänger verlangt, das theoretische Maass der Kurzsichtigkeit, den reciproken Werth von kr in Dioptrien anzugeben: so hat er zu 5 Ctm. hinzuzufügen $kO = 3{,}75$, oder meinetwegen 4 Ctm.; und, mit 9 in 100 dividirend, 11 Dioptrien zu finden, — einen Werth, den er doch erst in praktisches Maass wieder umzusetzen hätte, wenn er sich eine Vorstellung von der etwa zu verordnenden Brille bilden wollte!

Weniger modern, aber beim Unterricht nützlicher ist es, das letzte Beispiel kurz so zu beschreiben: Gefunden ist mit dem Augenspiegel — 2″ Brennweite, d. h. Zerstreuungs-Glas von ${}^1/_2{}''$ Brechkraft; praktisches Maass der Kurzsichtigkeit des Untersuchten ist $\frac{1}{2+1} = {}^1/_3{}''$ (= 13 Dioptrien).

3. Der emmetropische Beobachter finde ein Sammel-Glas nöthig, um ein scharfes Bild der dem Mittelpunkt näheren Netzhaut-Theile des Untersuchten, unter den gemachten Voraussetzungen, zu gewinnen. Dann besteht Uebersichtigkeit des untersuchten Auges. Die Brechkraft des gefundenen Hilfs-Glases ($1/r'$) ist annähernd das praktische Maass der Uebersichtigkeit des Untersuchten. Schwankt der Anfänger zwischen zwei Sammel-Gläsern der Reihe, so hat er das stärkere zu wählen. Im Allgemeinen ist das durch Versuch mit dem Spiegel gefundene Hilfs-Glas $1/r'$ schwächer, als das praktische Maass der totalen Uebersichtigkeit des Untersuchten ($1/r$). Der Unterschied $r' - r$ ist, bei passender Annäherung, etwa 1 Zoll: und zu vernachlässigen, so lange r' etwa 40″ oder 20″; zu berücksichtigen, wenn r' etwa 10″; sehr wichtig, wenn r' etwa 3″.

Beispiel. Es sei p das übersichtige Auge des Kranken; k sein Knoten-, r sein (hinten!) belegener Fernpunkt, $kr = 9{}^1/_2{}''$: dann ist das praktische Maass der totalen Uebersichtigkeit $= {}^1/_{10}{}''$ (oder 4 *D*), da das in b (${}^1/_2{}''$ vor k) befindliche Brillenglas von 10″ Brennweite die (in der Richtung des oberen Pfeiles) von einem fernen Lichtpunkt herkommenden, parallel einfallenden Strahlen-Bündel für das betreffende

Auge einrichten, d. h. nach seinem Fernpunkt r vereinigen würde; $br = 10''$. Theoretisch könnte dasselbe Auge auch durch ein andres Sammel-Glas[1]) corrigirt werden, das weiter ab vom Auge liegt, z. B. in O; wir setzen $Ob = 1''$, $Or = 11''$: dann müsste jenes

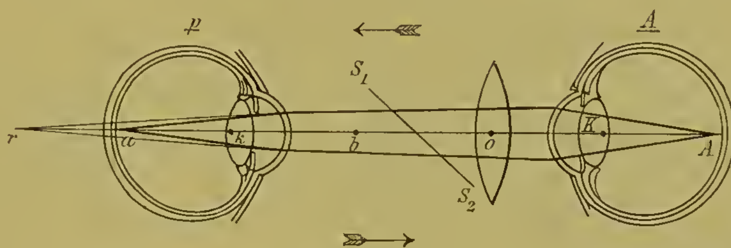


Fig. 104.

zweite Corrections-Glas die Brennweite von 11″ besitzen, da es nur insofern corrigiren kann, als sein zweiter Haupt-Brennpunkt mit dem Fernpunkt r des Auges p in denselben Punkt des Raumes zusammenfällt. Das übersichtige Auge vermag bei erschlaffter Accommodation nur ein nach einem Fernpunkte (r) hin convergirendes Strahlen-Bündel durch seine brechenden Mittel zu einem punktförmigen Bilde zu vereinigen.

Ist bei gleichfalls erschlaffter Accommodation ein Theil der Netzhaut mit dem Augenspiegel beleuchtet, so wird das von einem Punkte a der beleuchteten Netzhaut-Fläche ausgehende Strahlen-Bündel ausserhalb des Auges so auseinanderfahren, als ob es von r ausginge. Dieses divergente Strahlen-Bündel $(r S_1 S_2)$ soll, ehe es auf das Auge des Arztes (A) fällt, parallel gemacht werden. Dazu ist ein Sammel-Glas (O) erforderlich; die Brennweite des Sammel-Glases muss $Or = 11''$ sein. (Könnten wir mit dem Sammel-Glas uns bis zum Punkte b annähern, so würde die Brennweite des ophthalmoskopischen Corrections-Glases $= 10''$ sein, d. h. dasselbe wäre mit dem praktischen Maass der H des Untersuchten identisch.) Der untere Pfeil bezeichnet den Gang der aus dem gespiegelten Auge zurückkehrenden Strahlung.

4—6. Es sei der Untersucher kurzsichtig; so braucht er nur ein für allemal sein zerstreuendes Corrections-Glas, dasjenige, mit dem er (erfahrungsgemäss, nach genügender Uebung,) den Augengrund eines Emmetropen im scharfen Bild wahrnimmt[2]), dem Augenspiegel einzufügen (z. B. in die Röhre des Jäger'schen hineinzuthun) und die etwaigen Hilfs-Gläser, die wegen Ametropie des Untersuchten erforderlich werden, in der Gabel hinter dem Instru-

1) Th. I, S. 130.

2) Dasselbe wird nahezu mit seinem Fernglas zusammenfallen.

ment anzubringen, beziehungsweise auf der hinteren Drehscheibe aufzusuchen.

Der Untersucher, einmal mit seinem Corrections-Glas $\left(-\frac{1}{R'}\right)$ bewaffnet, ist als emmetropisch anzusehen; die dazu noch gefundenen Corrections-Gläser $\left(\pm\frac{1}{r'}\right)$ messen die Ametropie des Untersuchten nach den vorher unter 1—3 angegebenen Regeln. Kein Wort braucht hinzugefügt zu werden. Ich habe Jahre lang so untersucht und kann das Verfahren bestens empfehlen, obwohl ich es seit mehr als 20 Jahren, seitdem man bequemere Spiegel besitzt, wieder aufgegeben habe.

Gewöhnlich werden heutzutage eben nicht so (im Jäger-schen Instrument) gewissermaassen die beiden ausgleichenden Gläser, das für den Arzt und das für den Kranken, gesondert am Spiegel angebracht; sondern vielmehr, sei es durch Aussuchen aus dem Brillenkasten, sei es (was bequemer scheint.) durch Drehen der am Augenspiegel befestigten Scheibe, nur ein Glas bestimmt, nämlich dasjenige, mit welchem der (kurzsichtige) Beobachter ein scharfes Bild der untersuchten Netzhaut gewinnt: es ist dies dasjenige Glas, durch welches der Fernpunkt des Untersuchten nach dem des Untersuchers verlegt wird. Sofort sieht man ein, dass drei Fälle möglich sind:

a) Wenn das bei dem Versuch gefundene Corrections-Glas annähernd das Fernglas $\left(-\frac{1}{R'}\right)$ des Untersuchers darstellt, so besteht Emmetropie des Untersuchten.

b) Wenn das durch den Versuch gefundene Corrections-Glas ein schärferes Concav-Glas C darstellt, als $-\frac{1}{R'}$; so besteht Kurzsichtigkeit des Untersuchten, deren Grad annähernd gemessen wird durch den Unterschied $-\left(\frac{1}{C}-\frac{1}{R'}\right)$.

c) Wenn ein schwächeres Concav-Glas (vollends ein Convex-Glas) gefunden ist; so besteht Uebersichtigkeit des Untersuchten, deren Grad annähernd gemessen wird durch $\left(\frac{1}{R'}-\frac{1}{C}\right)$, beziehungsweise durch $\left(\frac{1}{R'}+\frac{1}{C}\right)$, wenn C convex ist.

Es sei die Kurzsichtigkeit des Untersuchers praktisch $1/10''$ $(=4\,D)$; er sehe mit diesem Concav-Glas auch den Augengrund eines emmetropischen Auges in scharfem Bilde. Jedes Mal, wenn er $-1/10''$ braucht, besteht E des Untersuchten. Er finde in einem Falle $-1/5''$

nöthig, so denke er sich dieses biconcave Glas zerlegt in zwei dicht bei einanderstehende planconcave von je $^1/_{10}{}''$. Das von dem Punkte q der beleuchteten Netzhaut-Stelle des untersuchten k u r z s i c h t i g e n Auges p zurückkehrende Strahlenbündel muss, nachdem es das Auge

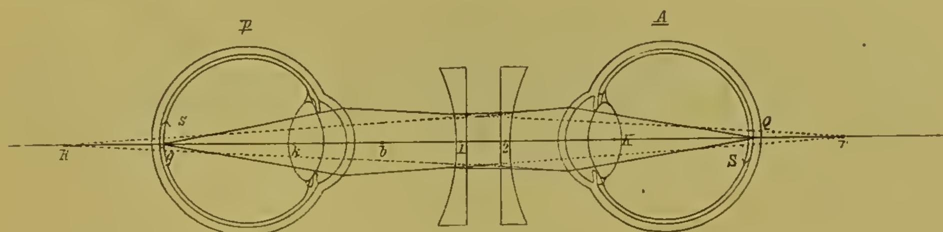


Fig. 105.

verlassen hat, nach dessen Fernpunkt r convergiren. Ist r gleichzeitig auch Haupt-Zerstreuungs-Punkt der ersten Concav-Linse, so verläuft das Strahlen-Bündel in dem Zwischenraum z w i s c h e n den beiden planconcaven Linsen als ein der Haupt-Achse p a r a l l e l e s Bündel und wird folglich von der zweiten Concav-Linse so z e r s t r e u t, als käme es von d e r e n Haupt-Zerstreuungs-Punkt R. Dieser letztere Punkt fällt in unsrem passend gewählten Beispiel mit dem Fernpunkt des untersuchenden Auges $\underline{A}$ zusammen. Folglich gelangt das Strahlenbündel in s o l c h e r Divergenz auf das letztgenannte Auge, dass es in seinem Netzhautpunkt Q zu einem punktförmigen Bilde vereinigt wird. $Q\,S$ ist das Bild von $s\,q$. In unsrem Beispiel ist die Brennweite der ersten Concav-Linse, nämlich $\overline{1\,r}$, $= 10$ Zoll. Setzen wir wieder $\overline{b\,1}$ gleich einem Zoll, so ist das praktische Maass der Kurzsichtigkeit des untersuchten Auges gleich $^1/_{11}{}''$ (oder 3,5 D).

Der nämliche Untersucher mit praktischer My $^1/_{10}{}''$ findet ein Glas von — 20″ Brennweite (= 2 D) passend, dann besteht U e b e r s i c h t i g k e i t des Untersuchten, und zwar ungefähr $^1/_{20}{}''$; denn [1]) $-\,^1/_{10} + \frac{1}{r'} = -\,^1/_{20}$; $\frac{1}{r'} = {}^1/_{20}$. $\left(\text{Also } \frac{1}{r} = {}^1/_{19}{}'', \; r = 19''.\right)$

Braucht der nämliche Untersucher gar kein Glas, so besteht $H\,^1/_9{}'' = 4{,}5\,D$ des Untersuchten; denn $-\,^1/_{10} + \frac{1}{r'} = 0$; $\frac{1}{r'} = {}^1/_{10}{}''$; $r' - 1 = r = 9''$. K e i n G l a s ist dann erforderlich, wenn der Fernpunkt des Untersuchers (R) und der des Untersuchten (r), beim

1) $-\,^1/_C = -\,(^1/_{R'} + {}^1/_{r'}) = -\,^1/_{R'} - {}^1/_{r'}$. $R' = 10''$ (angenommen), $C = -\,20''$ (gefunden).

$$-\,^1/_{20} = -\,^1/_{10} - \frac{1}{r'}; \text{ oder } \frac{1}{r'} = {}^1/_{10} - {}^1/_{20}.$$

Augenspiegeln, in denselben Punkt des Raumes zusammenfallen. Das von dem beleuchteten Netzhautpunkt q (Fig. 106) des untersuchten Hypermetropen zurückkehrende Strahlen-Bündel verläuft ausserhalb

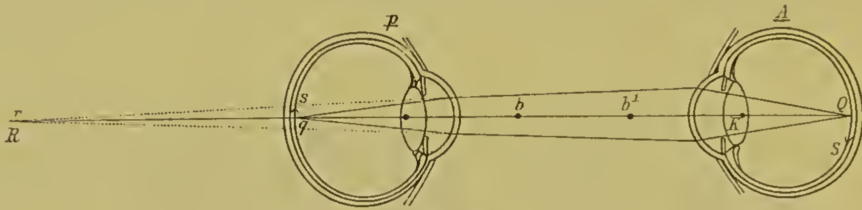


Fig. 106.

des Auges so, als ob es von dem hinter dem Auge belegenen Fernpunkt r desselben ausginge. Ist dieser Punkt gleichzeitig der Fernpunkt R des Untersuchers, so gelangt das Strahlen-Bündel in solcher Divergenz auf des letzteren Auge, dass es in dessen Netzhaut sich zu einem punktförmigen Bilde Q vereinigt. Die Strecke $b'R$ entspricht dem praktischen Maasse der *My* des Untersuchers (10″), die Strecke $br = bR = 10 - 1'' = 9''$ giebt das praktische Maass des H des Untersuchten. (4,5 D.)[1]

Braucht endlich der nämliche Untersucher mit *My* $^1/_{10}{}'' = 4\ D$ ein Convex-Glas von 10 Zoll Brennweite oder $+ 4\ D$, so besteht H von etwa $^1/_4{}''$ im untersuchten Auge. Denn $- {}^1/_{10} + \frac{1}{r'} = + {}^1/_{10}{}''$; $\frac{1}{r'} = {}^1/_{10} + {}^1/_{10} = {}^1/_5$; $(r' - 1 = r = 4'')$. Ein derartiges Glas wird erforderlich für starke Uebersichtigkeit, z. B. auch für die eines star-operirten (linsen-losen) Auges, das emmetropisch gewesen, als es noch eine Linse besessen.

Der Strahlen-Gang ist einfach. Das von dem Punkt q (Fig. 107) der beleuchteten Netzhaut des Untersuchten zurückkehrende Strahlen-Bündel verläuft ausserhalb des Auges so divergent, als ob es von r, dem Fernpunkt desselben, ausginge. Die z. Th. punktirten Linien $r\,d\,e$ stellen dieses Bündel dar. Das Convex-Glas 1, welches dieses divergirende Bündel parallel machen soll, steht nicht in b, sondern in 1, d. h. einen Zoll weiter ab von dem untersuchten Auge p; muss also nicht

---

1) Sei der Augenspiegel umgewendet, p der Untersucher, A der Untersuchte; so ist wiederum kein Glas erforderlich. Braucht ein Arzt mit $H\ {}^1/_9{}''$ bei erschlaffter Accommodation kein Glas für das aufrechte Netzhautbild; so besteht $M\ {}^1/_{10}{}''$ des Untersuchten. Also *My* $^1/_{10}{}''$ und $H\ {}^1/_9$ stellen ein Paar zusammengehöriger Augen dar, die sich gegenseitig ohne Hilfs-Glas spiegeln können, ebenso *My* $^1/_5$ und $H\ {}^1/_6$; ebenso *My* $^1/_{20}$ und $H\ {}^1/_{20}$; endlich E und E.

die Brennweite $\overline{br} = 4$ Zoll, sondern $\overline{1r} = 5$ Zoll besitzen. Das parallel gemachte Bündel, welches durch die ausgezogenen Linien $dfeg$ dargestellt wird, fällt auf die Concav-Linse 2 und wird so zerstreut zu dem Bündel Rhi, das z. Th. gestrichelt dargestellt ist, als käme es von R, dem Fernpunkt des Untersuchten, der um zehn Zoll von Punkt 2 entfernt ist; und wird folglich vom Auge $\underline{A}$ in seiner Netzhaut zu dem punktförmigen Bilde Q vereinigt.

Fig. 107.

7.—9. Es sei der Untersucher übersichtig, dann braucht er nur ein- für allemal sein Sammel-Glas[1] (dasjenige, mit dem er erfahrungsgemäss, nach genügender Uebung, den Augengrund eines Emmetropen im scharfen Bilde wahrnimmt.) dem Augenspiegel einzufügen, z. B. in die Röhre des Jäger'schen hineinzusetzen, und die etwaigen Hilfs-Gläser, die wegen Ametropie des Untersuchten erforderlich werden, in die Gabel hinter dem Instrument einzufügen, bezw. auf der hinteren Dreh-Scheibe aufzusuchen. Der Untersucher, mit seinem Corrections-Glas ($+ 1/R'$) bewaffnet, ist als E anzusehen; die weiter gefundenen Corrections-Gläser ($\pm 1/r'$) messen die Ametropie des Untersuchten nach den unter 1—3 angegebenen Regeln.

Gewöhnlich pflegt aber der h Untersucher, ohne sein eigenes Corrections-Glas ständig dem Spiegel einzuverleiben, einfach durch Aussuchen aus dem Vorrath oder durch Drehen einer Scheibe empirisch das passende Corrections-Glas C in jedem Fall zu bestimmen. Man sieht sofort ein, dass 3 Fälle möglich sind:

a) Wenn $1/C = 1/R'$ gefunden, so besteht Emmetropie des Untersuchten.

b) Wenn C ein schärferes Convex-Glas darstellt, so besteht H des Untersuchten, deren Grad annähernd gemessen wird durch $1/C - 1/R'$.

c) Wenn ein schwächeres Convex-Glas (vollends ein Concav-Glas) gefunden ist, so besteht My des Untersuchten, deren Grad annähernd bestimmt wird durch $1/R' - 1/C$ (bezw. durch $1/R' + 1/C$, wenn C concav ist).

2) Dasselbe wird annähernd mit seinem Fern-Glas zusammenfallen. Es misst also i. A. nur die manifeste, nicht die totale H des Untersuchers.

a) Es sei die H des Untersuchten praktisch $^1/_{10}{}'' = 4$ D; C sei gleich $+\ ^1/_5{}''$ gefunden. Wir denken dies Glas zerlegt in 2 plan-convexe (1 und 2) von je 10 Zoll Brennweite, die dicht hintereinander

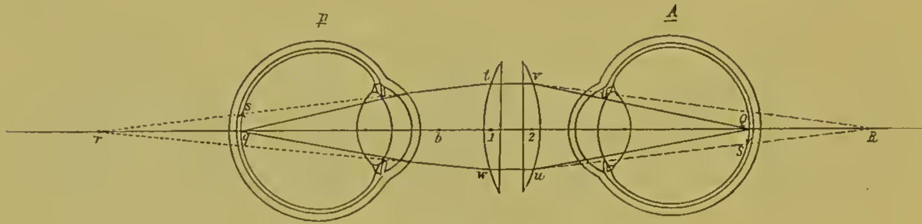


Fig. 108.

stehen. (Fig. 108.) Das von dem Punkte q der erleuchteten Netzhaut-Stelle des untersuchten h Auges p zurückkehrende Strahlen-Bündel muss, nachdem es das Auge verlassen, so divergent (α) weiter gehen, als ob es von dessen Fernpunkt r herkäme, nämlich als Bündel rtw. Ist r gleichzeitig der Haupt-Brennpunkt der ersten Convex-Linse (1), so verläuft das Strahlen-Bündel in dem Zwischenraum zwischen beiden Convex-Linsen als ein der Hauptachse Rr paralleles Bündel (β) $tvwu$ und wird folglich von der zweiten Convex-Linse so gesammelt (γ), zu dem Bündel vuR, als ginge es direct nach deren Haupt-Brennpunkt R. Dieser ist in unsrem Beispiel gleichzeitig der Fernpunkt des untersuchenden h Auges A. Folglich gelangt das Strahlen-Bündel in solcher Convergenz auf das untersuchende Auge, dass es in dem Netzhautpunkt Q desselben zu einem punktförmigen Bilde vereinigt wird. (Das Bündel α ist punktirt, β ausgezogen, γ gestrichelt.) QS ist das Bild von sq. In unsrem Beispiel ist $\overline{1r} = 10''$, $\overline{b1} = 1''$, folglich $br = 9''$. Die H des Untersuchten hat zum praktischen Maass $^1/_9{}'' = 4{,}5$ D.

b) Der Fall, wo der Untersucher mit $H\ ^1/_{10}$ kein Glas gebraucht, ist bereits aus Fig. 106 und der Anmerkung zu S. 228 einleuchtend: es besteht $My\ ^1/_{11}{}'' = 3{,}5$ D des Untersuchten.

c) Braucht der Untersucher mit $H\ ^1/_{10}{}''$ ein Concav-Glas, etwa $-\ ^1/_{10}{}''$; so besteht stärkere My des Untersuchten, nämlich von $^1/_{10} + {}^1/_{10} = {}^1/_5{}''$ $\left(\text{genauer } \frac{1}{10} + \frac{1}{11} = \frac{1}{5^1/_4}{}'', \text{ also ungefähr von } 8.5\ D\right)$.

Es scheint praktisch, diese nur an einzelnen Beispielen dargestellten Ergebnisse in eine Uebersichtstafel I zusammenzufassen. Dieselbe enthält die in dem gewöhnlichen Zollmaass angegebenen Corrections-Gläser. Jeder Untersucher kann die seiner Einstellung entsprechende senkrechte Reihe daraus entnehmen. Das Maass der Ametropie ist das

Uebersichts-Tafel I.

	H = 1/3″	H = 1/4″	H = 1/6″	H = 1/8″	H = 1/12″	H = 1/24″	E	M = 1/24″	M = 1/12″	M = 1/8″	M = 1/6″	M = 1/4″	M = 1/3″
h = 1/3″ (r′ = — 4″)	$+\frac{1}{1,7}$	$+\frac{1}{2}$	$+\frac{1}{2,4}$	$+\frac{1}{2,7}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3,5}$	$+\frac{1}{4}$	$+\frac{1}{4,8}$	$+\frac{1}{6}$	$+\frac{1}{8}$	$+\frac{1}{12}$	0	$-\frac{1}{12}$
h = 1/4″ (r′ = — 5″)	$+\frac{1}{1,9}$	$+\frac{1}{2,2}$	$+\frac{1}{2,7}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3,5}$	$+\frac{1}{4}$	$+\frac{1}{5}$	$+\frac{1}{6,3}$	$+\frac{1}{8,5}$	$+\frac{1}{13}$	$+\frac{1}{30}$	$-\frac{1}{20}$	$-\frac{1}{7,5}$
h = 1/6″ (r′ = — 7″)	$+\frac{1}{2,1}$	$+\frac{1}{2,5}$	$+\frac{1}{3,2}$	$+\frac{1}{3,6}$	$+\frac{1}{4,4}$	$+\frac{1}{5,4}$	$+\frac{1}{7}$	$+\frac{1}{10}$	$+\frac{1}{17}$	$+\frac{1}{56}$	$-\frac{1}{42}$	$-\frac{1}{9,3}$	$-\frac{1}{5,25}$
h = 1/8″ (r′ = — 9″)	$+\frac{1}{2,25}$	$+\frac{1}{2,8}$	$+\frac{1}{3,6}$	$+\frac{1}{4,2}$	$+\frac{1}{5}$	$+\frac{1}{6,6}$	$+\frac{1}{8}$	$+\frac{1}{14}$	$+\frac{1}{36}$	$-\frac{1}{72}$	$-\frac{1}{18}$	$-\frac{1}{7,2}$	$-\frac{1}{4,5}$
h = 1/12″ (r′ = — 13″)	$+\frac{1}{2,4}$	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{3,9}$	$+\frac{1}{5}$	$+\frac{1}{6}$	$+\frac{1}{8,4}$	$+\frac{1}{13}$	$+\frac{1}{28}$	$-\frac{1}{150}$	$-\frac{1}{21}$	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{5,8}$	$-\frac{1}{3,9}$
h = 1/24″ (r′ = — 25″)	$+\frac{1}{2,7}$	$+\frac{1}{3,45}$	$+\frac{1}{5}$	$+\frac{1}{6}$	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{1}{12,3}$	$+\frac{1}{25}$	0	$-\frac{1}{23}$	$-\frac{1}{12}$	$-\frac{1}{8}$	$-\frac{1}{5}$	$-\frac{1}{3,4}$
e	$+\frac{1}{3}$	$+\frac{1}{4}$	$+\frac{1}{6}$	$+\frac{1}{8}$	$+\frac{1}{12}$	$+\frac{1}{24}$	0	$-\frac{1}{24}$	$-\frac{1}{12}$	$-\frac{1}{8}$	$-\frac{1}{6}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{3}$
m = 1/24″ (r′ = + 23″)	$+\frac{1}{3,4}$	$+\frac{1}{4,8}$	$+\frac{1}{7,9}$	$+\frac{1}{12,2}$	$+\frac{1}{18}$	0	$-\frac{1}{23}$	$-\frac{1}{12}$	$-\frac{1}{8}$	$-\frac{1}{6}$	$-\frac{1}{4,9}$	$-\frac{1}{3,4}$	$-\frac{1}{2,6}$
m = 1/12″ (r′ = + 11″)	$+\frac{1}{4,12}$	$+\frac{1}{6,3}$	$+\frac{1}{11}$	$+\frac{1}{29}$	$-\frac{1}{132}$	$-\frac{1}{20}$	$-\frac{1}{11}$	$-\frac{1}{7,5}$	$-\frac{1}{6}$	$-\frac{1}{4,6}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2,3}$
m = 1/8″ (r′ = + 7″)	$+\frac{1}{5,25}$	$+\frac{1}{10,6}$	$+\frac{1}{42}$	$-\frac{1}{56}$	$-\frac{1}{17}$	$-\frac{1}{10}$	$-\frac{1}{7}$	$-\frac{1}{6,5}$	$-\frac{1}{4,4}$	$-\frac{1}{3,6}$	$-\frac{1}{3,2}$	$-\frac{1}{2,5}$	$-\frac{1}{2,1}$
m = 1/6″ (r′ = + 5″)	$+\frac{1}{7,5}$	$+\frac{1}{20}$	$-\frac{1}{30}$	$-\frac{1}{13}$	$-\frac{1}{8,6}$	$-\frac{1}{6,3}$	$-\frac{1}{5}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{3,5}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2,7}$	$-\frac{1}{2,2}$	$-\frac{1}{1,9}$
m = 1/4″ (r′ = + 3″)	0	$-\frac{1}{12}$	$-\frac{1}{9}$	$-\frac{1}{4,8}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{3,4}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2,6}$	$-\frac{1}{2,4}$	$-\frac{1}{2,2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{1,7}$	$-\frac{1}{1,5}$
m = + 3″ (r′ = + 2″)	$-\frac{1}{6}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{2,6}$	$-\frac{1}{2,4}$	$-\frac{1}{2,2}$	$-\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{1,8}$	$-\frac{1}{1,7}$	$-\frac{1}{1,6}$	$-\frac{1}{1,5}$	$-\frac{1}{1,3}$	$-\frac{1}{1,2}$

Uebersichts-Tafel II.

	H 13 D	H 10 D	H 6,5 D	H 5 D	H 3 D	H 1,5 D	E	M 1,5 D	M 3 D	M 5 D	My 6,5 D	My 10	My 13 D
h 13 D	+ 23 D	+ 20 D	+ 16 D	+ 15 D	+ 13 D	+ 11 D	+ 10 D	+ 8 D	+ 6,5 D	+ 5 D	+ 3 D	0	— 3 D
h 10 D	+ 21 D	+ 18 D	+ 15 D	+ 13 D	+ 11 D	+ 10 D	+ 8 D	+ 6,5 D	+ 5 D	+ 3 D	+ 1,25 D	— 2 D	— 5,5 D
h 6,5 D	+ 19 D	+ 16 D	+ 12 D	+ 11,5 D	+ 9 D	+ 8 D	+ 5,5 D	+ 4 D	+ 2,25 D	+ 0,75 D	— 1,0 D	— 4,5 D	— 8 D
h 5 D	+ 18 D	+ 14 D	+ 11,5 D	+ 10 D	+ 8 D	+ 6 D	+ 5 D	+ 2,75 D	+ 1,25 D	— 0,5 D	— 2,25 D	— 5,5 D	— 9 D
h 3 D	+ 17 D	+ 12 D	+ 10 D	+ 8 D	+ 6,5 D	+ 5 D	+ 3 D	+ 1,25 D	0	— 2 D	— 3,5 D	— 6,5 D	— 10 D
h 1,5 D	+ 15 D	+ 11 D	+ 8 D	+ 6,5 D	+ 3,5 D	+ 3 D	+ 1,5 D	0	— 1,5 D	— 3 D	— 5 D	— 8 D	— 11 D
E	+ 13 D	+ 10 D	+ 6,5 D	+ 5 D	+ 3 D	+ 1,5 D	0	— 1,5 D	— 3 D	— 5 D	— 6,5 D	— 10 D	— 13 D
m 1,5 D	+ 12 D	+ 8 D	+ 5 D	+ 3 D	+ 2 D	0	— 1,5 D	— 3 D	— 5 D	— 6,5 D	— 8 D	— 11 D	— 16 D
m 3 D	+ 9,5 D	+ 6 D	+ 3,5 D	+ 1,25 D	0	— 2 D	— 3,5 D	— 5,5 D	— 6,5 D	— 9 D	— 10 D	— 13 D	— 18 D
m 5 D	+ 8,5 D	+ 3,5 D	+ 1 D	— 0,75 D	— 2,5 D	— 4 D	— 5,5 D	— 6 D	— 9 D	— 11 D	— 12 D	— 16 D	— 20 D
m 6,5 D	+ 5,5 D	+ 2 D	— 1,25 D	— 3 D	— 5 D	— 6,5 D	— 8 D	— 10 D	— 11 D	— 13 D	— 16 D	— 18 D	— 21 D
m 10 D	0	— 3 D	— 4,5 D	— 8 D	— 10 D	— 12 D	— 13 D	— 16 D	— 17 D	— 18 D	— 20 D	— 23 D	— 27 D
m 13 D	— 6,5 D	— 10 D	— 12 D	— 16 D	— 17 D	— 18 D	— 20 D	— 22 D	— 23 D	— 25 D	— 27 D	— 30 D	— 33 D

praktische. *H, E, M* beziehen sich auf den Untersucher; *h, e, m* auf den Untersuchten. Beispiel: Der Untersucher habe bei der Untersuchung im aufrechten Bild eine praktische *My* von $^1/_{12}''$ (= 3 *D*), d. h. er brauche — $^1/_{12}''$ = — 3 *D*, um ein scharfes Bild eines emmetropischen Augengrundes zu gewinnen; er habe in einem bestimmten Fall das Glas + $^1/_{36}''$ ($\geq$ + 1 *D*) nöthig gefunden: so suche er in seiner (der 10ten) senkrechten Reihe dieses Glas + $^1/_{36}''$ auf und findet, die entsprechende wagerechte Reihe nach links verfolgend, $h = {}^1/_8'' = 5$ *D*; d. h. das untersuchte Auge hat eine *H* von $^1/_8''$ oder 5 *D*. Der Anfänger wird gut thun, eine persönliche Tafel sich herzustellen aus der ersten senkrechten Reihe und seiner persönlichen senkrechten Reihe; und diese kleine Tafel in seinen Augenspiegel einzukleben, bis er sie durch wiederholte Einübung auswendig gelernt hat. Für Liebhaber ist auch noch eine Uebersichtstafel II beigefügt, die im Dioptrien-Maass abgefasst ist. (Jeder ersieht auch, welche Gläser er hauptsächlich braucht.)

Es erübrigt noch, — nicht auf die Einwände einzugehen, welche von einzelnen wenig geübten Gegnern des Verfahrens erhoben sind, oder aus den Kinderjahren der Augenspiegel-Kunst herrühren, — sondern in Kürze den wirklichen Werth dieser Untersuchung zu erörtern.

Streng physikalische Genauigkeit und praktische Brauchbarkeit sind zwei verschiedene Dinge.

A. Mathematisch genau ist auch das Verfahren des aufrechten Bildes nicht zu nennen, da eine Lupe, sei es eine aus Sammel-Linsen zusammengesetzte, oder eine mit concavem Ocular versehene (Brücke'sche) eigentlich nicht als Distanz-Messer[1]) anwendbar ist. Wenn ein mit einer Lupe bewaffnetes Auge von einem Gegenstand *A* ein scharfes Bild gewinnt, so vermögen wir aus der bekannten Brennweite *f* der Lupe noch nicht den unbekannten Abstand *a* des Gegenstandes von der Lupe zu berechnen, da wir nicht wissen, in welchem Grade die Accommodation des durchblickenden Auges erschlafft gewesen.

Darum haben auch die älteren und neueren Versuche, namentlich auch von einzelnen Militär-Aerzten, (nach Burow's Vorgange) die Lupe zur subjectiven Refractions-Messung zu verwerthen, niemals die Billigung der Ophthalmologen finden können.

1) Wohl aber ein astronomisches Fernrohr, das, z. B. nach Art meines Optometers berechnet und mit einem schräg gestellten Spiegel versehen, sehr wohl anwendbar wäre, wenn — man das brauchte.

Aber ein grosser Unterschied besteht doch darin, ob das Auge eines Rekruten, beziehungsweise eines beliebigen Menschen, hinter der Lupe steht; oder aber das Auge eines ärztlichen Beobachters. Jeder ärztliche Beobachter kann doch in kurzer Zeit, d. h. in wenigen Stunden, Tagen oder Wochen,[1]) erlernen, ohne nennenswerthe Accommodations-Anstrengung[2]) durch eine Lupe zu sehen, d. h. zu ophthalmoskopiren. Wenn einzelne Beobachter dies leugnen, so hat ihre Behauptung doch nur eine subjective Bedeutung gegenüber der tausendfältigen Erfahrung der Andren, welche bei wiederholter Untersuchung desselben Auges immer dasselbe Corrections-Glas auffinden. (Gelegentlich nach 10 und 20 Jahren genau dasselbe, während die Controle nachweist, dass der Brechzustand des Untersuchten derselbe geblieben ist.) Ein guter Dreh-Spiegel erleichtert die Untersuchung ganz wesentlich; ich glaube, dass die Mangelhaftigkeit der von vielen Aerzten noch heute benutzten Augenspiegel eine Hauptursache jener erwähnten Einwendungen abgiebt.

B. Ein kleiner Fehler wird ferner immer dadurch bei dem Verfahren des aufrechten Bildes begangen, dass man nicht für die Netzhaut-Grube einstellt, da diese optisch zu wenig hervortritt, und ihre Einstellung eine zu starke Pupillen-Verengerung anregt. (In wichtigen Fällen kann man natürlich die Pupille des untersuchten Auges durch Homatropin-Einträuflung erweitern und dann auf das Netzhaut-Grübchen einstellen.)

Allerdings ist der genannte Fehler bei dem Verfahren von Coccius (Stimmel), welches theoretisch das vollkommenste ist, so ziemlich ausgeschlossen: durch eine mit einem Stabgitter überzogene Sammel-Linse vor der Beleuchtungs-Flamme werden die einfallenden Lichtstrahlen-Bündel parallel gemacht und so, mittelst eines kleinen Plan-Spiegels, in das untersuchte Auge geworfen, welches durch ein möglichst gerade vorgehaltenes Glas für parallele Strahlen-Bündel corrigirt ist. Der Beobachter sieht das scharfe Bild des Gitters in der Mitte der untersuchten Netzhaut.

---

1) „Nicht erst in zwanzig Jahren", wie mir zu Washington 1887 vorgehalten wurde.

2) Wie ein guter Gesang-Lehrer die (bei dem schlechten angewöhnte) falsche Stimmbildung dem Schüler erst wieder abgewöhnen muss: so habe ich öfters angehenden Augen-Aerzten, die nur unter Anspannung ihrer Accommodation zu spiegeln gelernt und dabei unnütz sich anstrengten und gar nicht messen konnten, erst beigebracht, wie man bei erschlaffter Accommodation beobachtet: genau so wie der Anatom, Physiker, Astronom dies seinen Schülern für die Beobachtung mit dem Vergrösserungs-Glas (Lupe, Mikroskop) oder Fernrohr beizubringen hat.

Meistens aber ist man in der Praxis damit zufrieden, bei einfacher Benutzung einer gewöhnlichen Lampen-Flamme für den Schläfen-Rand der Sehnerven-Scheibe, oder besser für eines der feinen, von hier gegen den gelben Fleck verlaufenden Blutgefässe, deren Reflex-Streifen oft gut zu beobachten, oder für den Bindegewebs-Ring am Schläfen-Rande des Sehnerven oder für die Körnung des Augengrundes (Netzhaut-Epithel) ebendaselbst sich einzustellen. Immerhin ist der Schläfen-Rand des Sehnerven ungefähr 3 Mm. oder 12 Winkelgrade von der Netzhaut-Grube entfernt, deren Refraction (relative Lage gegen den Haupt-Brennpunkt des ruhenden dioptrischen Systems vom untersuchten Auge) wir doch eigentlich zu erforschen suchen. Bei Emmetropie oder Hypermetropie ist dieser Fehler des untersuchten Auges erfahrungsgemäss gering, wie die Nachprüfung ergiebt, wenn man atropinisirte Augen zuerst mit dem Augenspiegel und dann mit Brillengläsern sorgsam auf ihren Brechzustand untersucht. Diesen von Mauthner, Schnabel u. A. hervorgehobenen Satz kann ich nach genauer Nachprüfung lediglich bestätigen. Jedoch bei Kurzsichtigkeit, selbst mässigen Grades, fand ich jenen Fehler mitunter gleich $-1\,D\ (= -{}^{1}/_{40}'')$.[1] Ob aber bei einer Ametropie, die durch $\pm$ 10 oder 12 D und mehr corrigirt wird, z. B. auch bei Aphakie, solch' ein kleiner Fehler begangen wird, ist ganz gleichgiltig; man muss den Fehler nicht nach seinem absoluten, sondern nach seinem relativen Betrag würdigen und berücksichtigen, dass in manchen Untersuchungen zur physiologischen Optik die besten Untersucher, Physiker und Physiologen, von Fehlern, die 5 % der untersuchten Grösse betragen, als von selbstverständlichen Dingen sprechen.[2] Es hat keinen Sinn, bei der Untersuchung von Kranken einen höheren Grad von Genauigkeit auch nur anzustreben, zumal dies erstlich nur auf Kosten der Bequemlichkeit geschehen könnte und ferner praktisch doch nicht zu verwerthen wäre.

Wenn einem Auge mit $H\ {}^{1}/_{3}'' = (13{,}D)$ ein annähernd passendes Hilfs-Glas vorgesetzt wird, so genügt eine geringe Verschiebung des Brillen-Gestells, um den relativen Werth des Glases um $\pm 1\,D = {}^{1}/_{40}''$ zu ändern. Aus diesem Grunde ist es auch völlig überflüssig, für die

1) Noch grösser bei höheren Graden der Kurzsichtigkeit. Bei diesen unregelmässig gewölbten Augäpfeln empfiehlt es sich, nöthigenfalls (nach künstlicher Erweiterung der Pupille) auf die Gegend der Netzhaut-Grube einzustellen. Wie der Brechzustand sich ändert, wenn man zuerst die Netzhaut-Grube einstellt, dann immer weiter nach dem Aequator mit der Einstellung vorrückt, muss später noch genauer auseinandergesetzt werden.

2) Ricco, C.-Bl. f. A., 1877, S. 125.

stärkeren Gläser des Drehspiegels den Unterschied von 0,5 $D = {}^1/_{80}''$ zwischen den aufeinander folgenden Gläsern beizubehalten. Die Entscheidung für das beste Glas ist sogar sicherer, wenn jenseits $\pm$ 10 oder 12 D (${}^1/_4$, bezw. ${}^1/_3''$) der Unterschied 2 D (${}^1/_{20}''$) beträgt.

C. Bei dem beschriebenen Verfahren bestimmt Derjenige, welcher für ein feines (der Grube nahes) Netzhaut-Gefäss sich einstellt, eigentlich die Einstellung des untersuchten Auges für rothes Licht und nicht für das Licht grösster Helligkeit, welches beim gewöhnlichen Sehen in Betracht kommt. Badal[1]) giebt diesen Fehler mit + 0,75 $D = {}^1/_{60}''$ wohl zu gross an; er beträgt (nach einer einfachen Rechnung) kaum mehr als + 0,25 $D = {}^1/_{160}''$, ist also völlig zu vernachlässigen.[2])

D. Man bestimmt eigentlich nicht die Einstellung der licht-empfindlichen, sondern der blutgefäss-haltigen Netzhaut-Schicht, die um geringe Bruchtheile eines Millimeter voneinander abstehen (Donders). Die Dicke der Netzhaut zwischen Sehnerv und Grübchen ist annähernd 0.3 Mm.; der wahrscheinliche Fehler ist kleiner, als 0,15 Mm., d. h. als — 0,5 $D = {}^1/_{80}''$, da wenigstens für das schematische Emmetropen-Auge ein Tiefen-Abstand von 0,3 Mm. einem Unterschied des Spiegel-Hilfsglases von etwa einer Dioptrie entspricht.

Alle diese kleinen Fehler verdienen nur Erwähnung für die Frage, ob es möglich ist, geringe Abweichungen von dem emmetropischen Zustand objectiv zu erkennen; in Fällen ausgesprochener Ametropie kommen sie gar nicht in Betracht. Das Ergebniss ist, dass man mit der gewöhnlichen einfachen Methode und ohne besondere Vorsichts-Maassregeln Ametropien von $\pm$ 0,75 ($= {}^1/_{60}''$), die also den schwächsten Gläsern der gewöhnlichen Brillenkasten entsprechen, sehr wohl nachzuweisen im Stande ist. Hiermit stimmt auch die Erfahrung, dass die objective Refractions-Messung meist genauer ist als die subjective, auf Angaben des Kranken beruhende. Sehr oft weist die erstgenannte Messung kleine Unterschiede zwischen den beiden Augen eines Kranken nach, die ihm selber bei der Brillenwahl ent-

---

1) Bulletin mensuel, 1877, S. 39.

2) Es ist das Brechungs-Verhältniss des destillirten Wassers — und nahezu auch des reducirten Auges (Helmholtz, physiol. Optik, I. Aufl. S. 128) — bekanntermaassen für rothes Licht (Linie C) = 1,3317;
für das hellste Licht (Linie D) = 1,3335.

Aus $F_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1}$ (Th. 1, S. 174) folgt ($R = 5$ Mm.) für den ersten Werth von n_2 eine Seh-Achse S_1 von 20,07; für den zweiten eine Seh-Achse $S_2 = 19{,}99$. $S_1 - S_2 = \triangle S = 0{,}08$ Mm. $\triangle S = 0{,}3$ entspricht einer Dioptrie, folglich $\triangle S = 0{,}08$ ungefähr einer Viertel Dioptrie. $\left(\frac{0{,}3}{0{,}08} = {}^1/_4\right.$ annähernd.)

gangen waren, sogar wenn derselbe ein Arzt oder Naturforscher ist, und die nunmehr durch genaue Nachprüfung sichergestellt werden.

Alle diese Angaben beruhen auf Hunderten und Tausenden von Einzelmessungen.

Ich brauche nicht erst des Weiteren hervorzuheben, dass jenes Verfahren weit rascher von statten geht, als die Brillenwahl, und dazu einen weit grösseren Geltungs-Bereich hat, insofern es auf kleine Kinder, auf ungebildete, des Lesens unkundige Menschen, auf Lügner und Schwachsichtige anwendbar ist, ja dass die genaue Feststellung des Astigmatismus so am allersichersten erreicht wird.

Der Brillenkasten wird aber darum nicht entbehrlich; immer empfiehlt es sich in derjenigen grossen Mehrzahl der Fälle, wo dies möglich ist, die subjective Prüfung nachzuschicken. Wer die Wahrheit erforschen will, muss die Zahl der Untersuchungs-Arten nicht verringern, sondern vergrössern.

Zusatz 1. Coccius (1875) entwirft ein Netz von gekreuzten, wage- und senk-rechten Schatten-Linien auf der Netzhaut zur objectiven Beurtheilung des Brechzustandes.[1] Vor der Lampen-Flamme wird ein Sammel-Glas angebracht, welches die divergirenden Strahlen-Bündel parallel macht, und vor dem Sammel-Glas ein Canevas:[2] das ist ein undurchsichtiges Netz aus queren und senkrechten Streifen, dessen Bild in dem beleuchteten Netzhaut-Theil, und zwar in der Nähe des gelben Fleckes, als ein entsprechendes Netz von Schatten-Linien erscheint. Der Beleuchtungs-Spiegel ist klein, schräg gestellt und eben, so dass er den Parallelismus der Strahlen-Bündel nicht ändert.

Ist das untersuchte Auge emmetropisch und accommodationslos, so sind die Schatten-Linien ganz scharf gezeichnet und werden so von dem emmetropischen (oder zur *E* corrigirten) Beobachter wahrgenommen.

Besteht Kurzsichtigkeit des untersuchten Auges, welches ruhig in die Ferne blickt, so muss ihm sein corrigirendes Glas vorgehalten werden, damit das einfallende parallele Strahlen-Bündel passend zerstreut werde, um auf der untersuchten Netzhaut ein scharfes Bild zu erzeugen. Die Zerstreuungs-Gläser sind auf einem Rahmen senkrecht unter einander angebracht und werden von den schwächeren zu den stärkeren der Reihe nach vor das untersuchte Auge geschoben, bis das richtige gefunden ist.

1) Vergl. Stimmel, Heidelberger Congress, 1875.

2) Canevas frz. (canape ital., vom lat. cannabis, Hanf; auf deutsch auch volksthümlich in Kannefass umgebildet,) bedeutet grobe, lockere, mit regelmässigen, viereckigen Oeffnungen versehene Gewebe, die z. B. als Grundlage für Woll-Stickereien benutzt werden.

Eine weitere Rechnung ist nicht erforderlich, da das im Versuche gefundene Glas unmittelbar das praktische Maass der untersuchten Kurzsichtigkeit darstellt. Es ist dies gewissermaassen eine objective Brillenprobe. Das scharfe Schatten-Bild lässt eine genaue Einstellung zu. (Vollends wenn man die Pupille des untersuchten Auges künstlich erweitert hat.)

Für Uebersichtigkeit des Untersuchten ist ein zweiter Rahmen mit Sammel-Gläsern vorhanden.

Zwei kleine Uebelstände haften der Methode an. Man braucht oft einen Gehilfen zum Vorhalten des Gläser-Rahmens, da der Kranke nicht immer die Verschiebung geschickt ausführt. Der Arzt muss seinen Kopf etwas drehen und wenden, um den Reflex des Beleuchtung-Spiegels von der Vorderfläche des Hilfs-Glases zu vermeiden: dies kommt besonders bei ametropischen Beobachtern in Betracht, welche hinter dem Loch des Beleuchtung-Spiegels ihr eigenes Corrections-Glas (für E) anbringen und öfters schräg durch dieses Glas blicken müssen. wodurch es eine stärkere Wirkung enthält und Irrungen veranlasst.

Bei Astigmatismus des Untersuchten sind überhaupt niemals die wagerechten und senkrechten Streifen des Schatten-Bildes gleich scharf gezeichnet. Astigmatismus ist durch dieses Verfahren sehr genau zu beurtheilen.

Die von Coccius vorgeschlagene Messung ist recht gut, wie ich mich selbst überzeugt habe; aber, wie es scheint, wenig verwendet, namentlich heutzutage, wo die sogenannte Schatten-Probe so regelmässig geübt wird.

2. Aehnlich dem von Coccius ist das Verfahren von Burchardt[1]) (1883).

Die Anordnung ergiebt sich aus Fig. 109, in welcher l den Ort einer starken Lichtquelle, p eine (ungefähr um ihre eigne Brennweite von derselben entfernte) Glas-Linse, s die auf der (in Centimeter eingetheilten) Stange g verschiebbare, durchscheinende Platte mit dunklen Buchstaben (A, B, C u. dergl.), c eine Linse von 10 Ctm. Brennweite, r den durchbohrten Planspiegel, o das untersuchte Auge bezeichnen soll. Durch eine 10 Ctm. lange Schnur, die von dem Stiel ausgeht, mittelst dessen die Linse c auf der Stange befestigt ist, und die um den Griff des Planspiegels herum nach der Wangengegend des Untersuchten geführt wird, lässt es sich leicht ermöglichen, das Auge o mit Genauigkeit in einer solchen Stellung zu untersuchen, dass $or + cr = 10$ Ctm. bleibt. Der Stab g wird in ein verstellbares Stativ ein-

1) Centralbl. f. A., Dez. 1883.

geklemmt, und zwar so, dass die Lampen-Flamme, die Mittelpunkte der beiden Linsen, die verschiebbaren Buchstaben und die Durchbohrung des Spiegels nahezu in einer geraden Linie sich befinden.

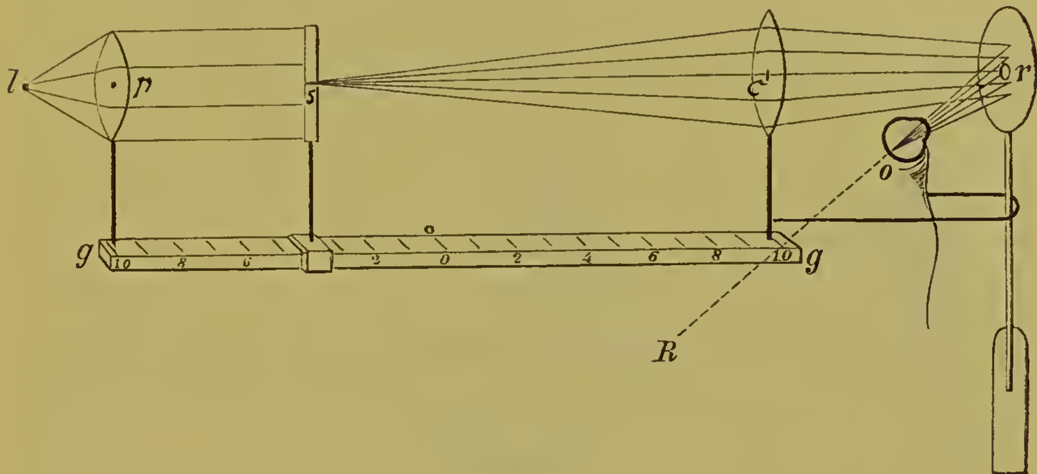


Fig. 109.

Die Anzahl der Centimeter, um welche der leuchtende Punkt *(s)* von der Ebene $\overline{0\,0}$ aus nach der 10 Ctm.-Linse *c* hin oder zurück hat verschoben werden müssen, um auf dem Hintergrunde des untersuchten Auges ein scharfes Bild der Buchstaben mittelst der Linse zu entwerfen, ist gleich der Zahl der Dioptrien der *M*, bezw. *H* des Auges.

Für die genannte Linse ist $F_1 = F_2 = 10$ Ctm. Setzen wir $\varphi_1 = + 1$ Ctm., so wird $\varphi_2 = \frac{10 \times 10}{1} = 100$ Ctm. oder 1 Meter; d. h. wenn *s* nach links von $\overline{0\,0}$ um 1 Ctm. verschoben werden musste, so kamen die Strahlen von *R*, dem Fernpunkt des untersuchten Auges, der um 1 Meter hinter demselben liegt. *(H* = 1 *D.)* Wird, was bequemer scheint, eine Linse von 20 Ctm. Brennweite angewendet, so entsprechen 4 Ctm. Verschiebung immer einer Dioptrie Ametropie des Untersuchten: $\varphi_2 = \frac{20 \cdot 20}{4} = 100$ Ctm.

3. Einigermaassen ähnlich ist auch der Apparat, den Dr. Visser[1]) neuerdings verfertigt hat.

Er bedient sich einer feinen Tüpfel- oder Stern-Figur auf einem Deckgläschen, das in der Brenn-Ebene einer Sammel-Linse von 7 oder 9 *D* steht und entsprechend ab- oder an die Linse heran-geschoben werden kann.

4. Schweigger[2]) bringt, zur objectiven Messung der

---

1) Eine neue objective Refractionsbestimmung von Dr. Visser in Bandar, Niederländ. Ostindien, C.-Bl. f. A. 1897, S. 257 und C.-Bl. f. A. 1898, S. 180.

2) Festschrift der Heidelberger ophth. G. für Helmholtz, 1891, S. 90.

starken Kurzsichtigkeit, in einer Röhre von 3 Ctm. Durchmesser ein electrisches Glühlicht an und davor ein starkes Sammelglas in der seiner Brennweite entsprechenden Entfernung. Unmittelbar vor dem Sammelglas ist, in einen Ring gefasst, ein Gitterwerk angebracht, aus drei wagerechten und drei senkrechten feinen Drähten. In etwa 12 Ctm. Entfernung vor dem Gitter befindet sich ein aplanatisches Sammelglas von 6 Ctm. Brennweite und dicht davor, am vorderen Ende der Röhre, ein in der Mitte unfoliirter (ebener) Glas-Spiegel, welcher in einen Winkel von 45° zu der Achse der Röhre gestellt ist. Das umgekehrte Bild des Gitterwerks wird also in 12 Ctm. vor dem aplanatischen Sammelglas entworfen, oder, wenn die Entfernung des ebenen Spiegels von diesem Sammelglas 1,5 Ctm. beträgt, in 10,5 Ctm. vor dem Spiegel. Der Abstand *a* des Bildes von dem Plan-Spiegel lässt sich mit Leichtigkeit messen und ist ein für alle Male constant. Man nähert sich nun dem untersuchten Auge, bis man ein scharfes Bild des Gitterwerks (im Augengrund) wahrnimmt, was eben dann der Fall ist, wenn das von dem Apparat entworfene umgekehrte Bild des Gitters genau im Fernpunkt des untersuchten Auges liegt. Man misst nun die Entfernung *A* zwischen Plan-Spiegel und untersuchtem Auge, zieht davon die bekannte Entfernung des Gitterwerks von dem Plan-Spiegel ab und erfährt dadurch genau die den Fernpunkt-Abstand *R* des untersuchten Auges. $(A - a = R.)$ Die Verbindung eines Plan-Spiegels mit einem aplanatischen Sammelglas ist nothwendig; denn ein Concav-Spiegel wirkt wegen der schiefen Stellung, die er einnehmen muss, astigmatisch; d. h. das Bild der wagerechten Linien liegt in andrer Entfernung, als das der senkrechten.

Es ist dies eine (mit Hilfe des Princip's von Coccius gewonnene) Verfeinerung des oben (S. 48) beschriebenen Verfahrens; aber, wenn man dies letztere wirklich genau handhabt, liefert es für die Praxis durchaus brauchbare Ergebnisse.

5. Schmidt-Rimpler[1] (1877) verzichtet bei seinem Verfahren der Refractions-Bestimmung „vollkommen auf eine Kenntniss der Refraction oder Accommodation des untersuchenden Auges: es bedarf eben nur des Vermögens, im umgekehrten Bilde ophthalmoskopiren zu können. Auch der, welcher nicht seine Accommodation hierbei zu erschlaffen vermag, wird sie mit Exactheit ausführen“.

1) Schmidt-Rimpler, Berlin. klin. W. 1877, Nr. 4, C.-Bl. f. A. 1877, S. 25): ferner Ber. d. Naturf.-Vers. zu Cassel 1878 u. C. Bl. f. A. 1878, S. 260, sowie die Erwiderung von Hirschberg, ebendas. S. 262. Endlich Z. f. Instrum. K., Nov. 82 u. Schmidt-Rimpler, Lehrbuch, VI. Aufl., 1899, S. 195—204.

Vor der Beleuchtungs-Lampe steht eine Sammel-Linse, um ihre eigne Brennweite von 3″ davon entfernt, und davor eine Metall-Platte mit gitter-förmiger Durchbohrung. (Also ähnlich wie bei dem Verfahren von Coccius.)

Die nicht ganz parallelen Strahlen-Bündel[1]) dieser Lichtquelle werden mit Hilfe eines Hohl-Spiegels von 6″ = 15 Ctm. auf die Gegend

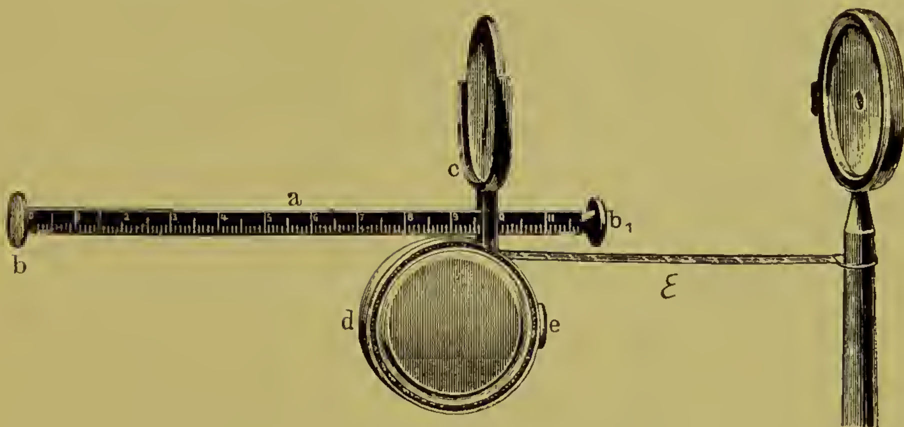


Fig. 110.

zwischen Sehnerv und gelbem Fleck geworfen. Das von der Netzhaut zurückkehrende Licht wird durch eine Convex-Linse von 4″ = 10 *D* gesammelt und zu einem scharfen umgekehrten Gitter-Bilde zwischen der Linse, die 10 Ctm. vor dem untersuchten Auge steht, und dem Spiegel vereinigt, und die Entfernung des Gitter-Bildes von der Linse mit Hilfe eines Bandmaasses gemessen. Die Rechnung ist wie zuvor. Ist das untersuchte Auge *e*, so bleibt das Gitter-Bild vom Glase *c* um die Hauptbrennweite (10 Ctm.) entfernt. Steht es weiter ab, so besteht *H*; wenn weniger weit, *M*.

Die Ausführung dieser Messung geschieht folgendermaassen: Die Lampe mit dem Gitter steht links neben dem Kopf des Untersuchten. Der Kopf *b* der Stange *a* wird gegen die Wange des Untersuchten gedrückt, durch die linke Hand des Untersuchers, dessen Daumen gleichzeitig auf den Knopf *e* der Bandmaass-Hülse drückt, so dass das Bandmaass frei wird. Mit dem in der rechten Hand gehaltenen Augenspiegel geht der Beobachter genügend weit, bis er das schärfste Bild des Gitters auf dem untersuchten Augengrund, zwischen Sehnerv und gelbem Fleck, wahrgenommen. Dann lässt er den linken Daumen los,

1) Dass die Strahlen-Bündel nicht parallel sind, hebt Prof. Schmidt-Rimpler selber hervor. Darum ist die zweite Messung nothwendig. Um parallele Bündel zu erhalten, brauchte man vor der Flamme noch eine Metallplatte mit kleinem Loch.

so dass das Bandmaass festgehalten ist, hebt b von der Wange des Untersuchten ab und liest ab am Bandmaass die Entfernung E zwischen Spiegel und Sammel-Linse. Hierbei muss er seinen Kopf stillhalten. Danach drückt er wieder mit dem linken Daumen auf den Knopf e, um das Bandmaass frei zu machen und bestimmt die relative Brennweite des Spiegels F, indem er ein scharfes Bild des Gitters auf b_1 entwirft. $E - F = A$ giebt den Abstand A des Gitter-Bildes von der Sammel-Linse bei dem ersten oder Haupt-Versuch, mit der Augenspiegelung. Denn, nach dem Gesetz von der Umkehrbarkeit des Strahlen-Ganges, giebt es für jedes untersuchte Auge — natürlich, wenn es für seinen Fernpunkt eingestellt ist! — nur e i n e Entfernung zwischen Concav-Spiegel und Convex-Linse, bei der ein scharfes Flammenbild auf der untersuchten Netzhaut entstehen und als solches im umgekehrten Bild gesehen werden kann.

Es sei $E = 25$ Ctm., $F = 15$ Ctm.; so ist $A = E - F = 10$ Ctm., es bestand E.

Es sei $E = 26$ Ctm., $F = 15$ Ctm., so ist $E - F = 11$ Ctm., $\varphi_2 = 1$ Ctm., $\varphi_1 = \frac{10 \times 10}{1} = 100$ Ctm., $R = 100$ Ctm. $= 1$ Meter; es bestand $H = 1\ D$.

Es sei $E = 24$ Ctm., $F = 15$ Ctm., so ist $E - F = 9$ Ctm., $\varphi_2 = -1$ Ctm., $\varphi_1 = \frac{10 \times 10}{-1} = -100$ Ctm., $R - 100$ Ctm., $= -1$ Met.; es bestand $My = 1\ D$. Bei dieser Rechnung hat H den positiven, M den negativen Fernpunkts-Abstand R.[1]) J e d e r Centimeter, um den das Bild weiter oder weniger weit absteht, bedeutet e i n e Dioptrie H, bezw. M des Untersuchten.

Hr. Dr. E r l o f f, Ass. a. d. Göttinger Augenklinik, hat den Apparat billiger[2]) und einfacher zu gestalten gesucht. Das Maassband, welches aufrechte Zahlen trägt, so dass man bequemer ablesen kann, läuft über Rollen, hinter dem Handgriff, und wird durch ein kleines Gewicht gespannt gehalten. (Man muss nur bei der Ausführung des Versuchs darauf achten, dass das Gewicht nicht „in dem Schoss der Schönen" hängen bleibt.)

---

1) Bei hochgradiger M wird $E < F$. Es sei z. B. $E = 12$ Ctm., $F = 15$ Ctm. Das Bild liegt jenseits der Sammel-Linse, nach dem untersuchten Auge zu. Die My beträgt 13 D, da der Abstand des Bildes vom zweiten (dem Beobachter zunächst gelegenen) Hauptbrennpunkt der Linse 13 Ctm. beträgt.

2) Für 7 M. 50 Pf. von den Hrn. Mahrt & Hörning, Göttingen, Wehnderstrasse 23, zu beziehen. Das Gitter ist sehr zierlich und das Schatten-Bild auf der Netzhaut sieht recht hübsch aus.

Prof. Schmidt-Rimpler rühmt seinem Verfahren sechs Vortheile nach: 1) Der Untersucher bedarf keiner Accommodations-Erschlaffung. (Nur muss er von 18—40 Ctm. accommodiren können.) 2) Die Schärfe des Gitter-Bildes ist leichter festzustellen, als die eines Netzhaut-Gefässes oder der Pigment-Körnelung. 3) Im umgekehrten Bilde kann man die Refraction des gelben Flecks bestimmen, im aufrechten nicht. 4) Im umgekehrten Bilde kann man die höchsten Grade der Myopie bestimmen, im aufrechten nicht. Das Gleiche gilt für höchste Hypermetropie. 5) Kleine Augenzuckungen stören nicht. 6) Man braucht nicht so nahe heran.

Ich selber habe zunächst (1877) mit dem ursprünglichen Apparat von Prof. Schmidt-Rimpler untersucht, dann das Gitter feiner gemacht und das Verfahren dadurch vereinfacht, dass ich die zweite Messung fortliess.[1]) Als Myop habe ich einen festen Fernpunkt-Abstand *f*. (Wer nicht kurzsichtig ist, mache sich dazu durch ein passendes, hinter dem Loch des Augenspiegels angebrachtes Sammelglas, z. B. von + 4″ = 10 *D*.) So brauche ich nur die Grösse *E* zu messen und dann jedesmal davon die Constante *f* abzuziehen, um die gesuchte Grösse *A* zu finden.

Ueber 100 genau ausgeführte Messungen mit dem jedesmaligen Vergleich des aufrechten Bildes haben mir ergeben, dass das Verfahren von Prof. Schmidt-Rimpler zwar in jedem Fall leicht und rasch auszuführen, das des aufrechten Bildes aber doch genauer ist. Prof. Schmidt-Rimpler hat auch schon 1877 ähnliche Untersuchungsreihen veröffentlicht, aus denen er schliesst, dass sein Verfahren, was die Genauigkeit anlangt, dem des aufrechten Bildes vollkommen an die Seite gestellt werden kann. Er giebt zu, dass „Jemand, der mit der Refractions-Bestimmung im aufrechten Bild sehr vertraut und geübt ist, sich nicht besonders mit seinem Verfahren abmühen wird“;[2]) es sei aber von durchschlagendem Nutzen für die grosse Zahl der Aerzte, denen die Unmöglichkeit, ihre Accommodation zu erschlaffen, immer hindernd bei der Benutzung des aufrechten Bildes entgegentritt.

Ich habe noch heute dieselbe Ansicht, wie damals,[3]) dass ich für Praxis und Unterricht das aufrechte Bild vorziehe, welches wir jedenfalls doch zur genaueren Betrachtung des Augengrundes nicht ent-

1) C.-Bl. f. A. 1877, Febr.-Heft. Deutsche Zeitschr. f. pr. M. 1877, Nr. 32 u. 33.

2) C.-Bl. f. A. 1878, S. 261.

3) C.-Bl. f. A. 1878, S. 263.

behren können. Wer dieses nicht erlernt, wird auf unsrem Gebiet stets ein Stümper bleiben.

6) Parent[1]) lässt das umgekehrte Netzhaut-Bild mit der vorderen Brenn-Ebene einer starken Ocular-Lupe seines feststehenden Augenspiegels zusammenfallen und misst so die Entfernung des Netzhaut-Bildes von der Objectiv-Lupe, somit die Refraction des Untersuchten.

Die objective Messung des Astigmatismus mit Hilfe 1) des aufrechten Netzhaut-Bildes, 2) der Schattenprobe, 3) des Ophthalmometers werde ich später abhandeln, wenn ich erst die Grundbegriffe des Astigmatismus werde besprochen haben.

21. Die objective Messung der Tiefen-Abstände

im Augengrunde des lebenden Menschen erledigt sich nach denselben einfachen Regeln, wie die objective Refractions-Messung.

A) Für jede Verlängerung der Seh-Achse um 0,3 Mm. erwächst dem mittleren (schematisch-reducirten) Auge eine Kurzsichtigkeit von 1 $D = {}^1/_{40}{}''$.[2])

B) Für jede Verkürzung der Seh-Achse um 0,3 Mm. erwächst dem mittleren Auge eine Uebersichtigkeit von 1 $D = {}^1/_{40}{}''$.[3])

a) aphakisch. C) Für das linsenlos[a]) gewordene Normal-Auge entspricht ein Hypermetr.-Zuwachs von 1 D einer Verkürzung der Seh-Achse um 0,7 Mm.[4])

---

1) Rapport sur la valeur comparative des procédés objectifs d'Optométrie par le Dr. H. Parent (Paris), Paris 1895, S. 54.

2) Th. I, S. 125, Fig. 54.

3) Th. I, S. 133, Fig. 60.

4) Th. I, S. 134. $\varphi_1 = \frac{F_1 F_2}{\varphi_2} = \frac{30,8 \times 23,0}{\varphi_2} = 708$. Setzen wir $\varphi_2 = -1$ Mm., so wird

$$\varphi_1 = -708.$$

$\frac{1000}{708} = 1,4\ D$. Also der H-Zuwachs von 1,4 (rund 1,5 D) entspricht der Seh-Achsen-Verkürzung von 1 Mm. für das aphakische Auge:

$$1,4 : 1 = 1 : x \text{ oder } x = \frac{1}{1,4} = 0,7 \text{ Mm.} —$$

Ich sehe den Sehnerven eines star-operirten Auges, welches mit + 12 D $\left(= \frac{1}{3^1/_4}{}''\right)$ gute S besitzt, mit Hilfe von + 5 D (= ${}^1/_8{}''$) im aufrechten Bilde, und mit Hilfe von + 8 D (= ${}^1/_5{}''$) eine fadige Glaskörper-Trübung vor dem mittleren Theil seiner Netzhaut. Der Abstand zwischen Trübung und Netzhaut misst etwa 2 Mm.

Von den allgemeinen Sätzen A und B wollen wir einige Anwendungen machen, um praktische Aufgaben zu lösen:

a) Liegt der Rand des ausgehöhlten Sehnerven-Eintritts in der hinteren Haupt-Brenn-Ebene des untersuchten Auges, der Grund der Aushöhlung um 1 Mm. tiefer; so braucht der Beobachter, um ein scharfes Bild des Randes zu gewinnen, ein Hilfs-Glas wie für Emmetropie des Untersuchten; und, um ein scharfes Bild des Grundes zu gewinnen, ein Hilfs-Glas wie für *My* $^1/_{13}''$ (= 3 *D*) des Untersuchten. Ueberhaupt tritt bei dieser Untersuchung das Bild der Grube rein und klar heraus: mit dem ersteren Glas sieht man den Rand scharf, den Grund ganz undeutlich; mit dem letzteren den Grund deutlich, den Rand verschwommen. Die anatomische Erfahrung hat Andren und mir gezeigt, dass diese annähernden Berechnungen eine hinreichende Genauigkeit besitzen.

b) Sieht ein Beobachter (bei erschlaffter Accommodation) den Randtheil des Sehnerven mit demjenigen Hilfs-Glas, welches er für *E* des Untersuchten gebraucht, und den Gipfel der geschwollenen „Papille" mit dem Glas wie für *H* $^1/_{13}''$ (= 3 *D*) des Untersuchten; so beträgt die Höhe der Sehnerven-Anschwellung etwa 1 Mm. u. s. w.

Haben zwei Stellen *a* und *b* im untersuchten Augengrunde merklich verschiedene Tief-Lage, so sind zwei verschiedene Correctionsgläser $^1/_A$, bezw. $^1/_B$, für das aufrechte Bild dieser beiden Stellen erforderlich. Sind beide Gläser convex, so entspricht dem stärkeren Glase der vordere Punkt (in Beziehung auf die untersuchte Netzhaut), und zwar beträgt der Abstand $\triangle$ zwischen *a* und *b* (auf der Seh-Achse) etwa 3 mal so viel Zehntel-Millimeter, als der Werth 1 *D* (= $^1/_{40}''$) in der Differenz $^1/_A - ^1/_B$ (resp. $^1/_B - ^1/_A$) enthalten ist.[1])

Sind beide Gläser concav, so entspricht dem schwächeren Concav-Glas (es sei $^1/_A$) der vordere Punkt, die Differenz $^1/_B - ^1/_A$ (bezw. $\beta - \alpha$) misst $\triangle$ wie zuvor.

Ist das eine Glas convex (es sei $^1/_A$), das andere concav; so muss man natürlich die absoluten Werthe $^1/_A + ^1/_B$, beziehungsweise $\alpha + \beta$ addiren, um die optische Differenz der beiden Corrections-Gläser zu finden.[2])

---

1) Setzen wir $^1/_A = \alpha D$; $^1/_B = \beta D$: so ist die Zahl $\alpha - \beta$, resp. $\beta - \alpha$ mit 0,3 zu multipliciren, um $\triangle$ im Millimeter-Maass zu geben.

2) Ist der Unterschied der beiden Gläser sehr gross, so scheint es besser, einerseits die Verkürzung der Achse (d_1), andrerseits die Verlängerung (d_2) für sich zu berechnen und dann $d_1 + d_2 = \triangle$ zu setzen. Beispiel: Ein Beobachter mit *My* 4,5 $D\left(= \frac{1}{9}''\right)$ sehe in einem achsen-verlängerten *My*-Auge

Ein geübter Beobachter kann Werthe von $\triangle$, die 0,3 Mm. erreichen, mit der grössten Sicherheit erkennen, wenn das lichtbrechende System des untersuchten Auges nicht unvortheilhaft gebaut ist; ja sogar noch Werthe von 0,15 Mm.

Im umgekehrten Bilde kann man $\triangle$ nicht gut der Grösse nach messen, sondern nur der Art nach erkennen mit Hilfe der sogenannten Parallaxe.[1])

Es sei *D* das von einem hypermetropischen, mittelst des Augenspiegels beleuchteten Auge, bei erschlaffter Accommodation, ent-

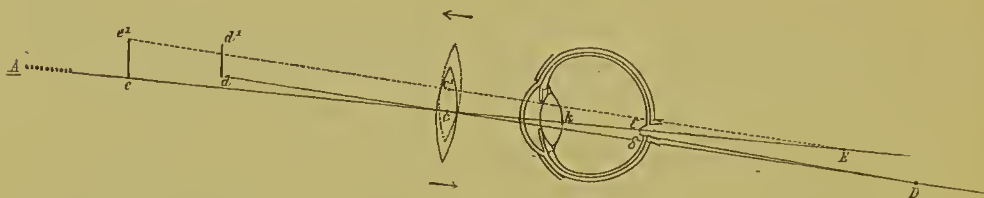


Fig. 111.

worfene aufrechte Bild eines noch in der Netzhautfläche befindlichen Randstückes δ der „geschwollenen Papille"; *E* das des Gipfels, der einer stärkeren Achsen-Verkürzung entspricht, so dass *E* näher zum untersuchten Auge, hinter demselben, liegt, als *D*. In *c* stehe die Convex-Linse zum umgekehrten Bilde (z. B. von $+ 2'' = 20\ D$); diese entwirft von *D* ein Bild *d* und von *E* ein Bild *e*. Natürlich liegt *e* ferner von *c*, d. h. näher dem untersuchenden Auge *A*, als *d*: denn je näher der Gegenstand zur Sammel-Linse, desto weiter ab sein Bild. (Th. I, 86; 190.) Den Winkel *ECD* haben wir uns sehr klein

---

den Sehnerven-Eintritt mit $- 30\ D \left(= \frac{1}{1^1/_2}''\right)$, eine vordere Glaskörper-Trübung mit $+ 5\ D \left(= \frac{1}{8}''\right)$: dann besteht im untersuchten Auge 1) *My* $15\ D \left(= \frac{1}{2^1/_2}''\right)$, also Achsenverlängerung $(d_2) = 5$ Mm.; und 2) ein Hervorragen der Glaskörper-Trübung vor der hinteren Brenn-Ebene gleich der Achsen-Verkürzung bei *H* $13\ D \left(= \frac{1}{3}''\right)$, also $d_1 = 4$ Mm. Folglich:

$$\triangle = d_1 + d_2 = 4 + 5 = 9 \text{ Mm.}$$

Aus dem blossen Unterschied der beiden Gläser $- 30$ und $+ 5\ D$ könnte man $\triangle$ auf $\frac{35}{3} = 12$ Mm. überschätzen.

1) *Παράλλαξις*, Verschiebung. Bei den Sternkundigen bedeutet Parallaxis den Winkel, den zwei nach demselben Stern gehende Gesichtslinien, z. B. vom Mittelpunkt der Erde und von einem Oberflächen-Punkt derselben, mit einander machen. Die Augenärzte reden von parallaktischer Verschiebung, wie von stenopäischem Spalt — u. dgl. mehr.

vorzustellen. Jetzt wird die Convex-Linse c aus der umrissenen in die punktirte Lage (ihr optischer Mittelpunkt aus c nach c^1,) emporgeschoben, während das untersuchte und das untersuchende Auge ruhig stehen bleiben.

Die Convex-Linse entwirft jetzt von D das Bild d' und von E das Bild e': denn immer müssen Gegenstand und Bild auf derselben, durch den optischen Mittelpunkt ziehenden Haupt-Achse liegen. (Th. I, S. 86.) Das ganze Bild de ist also nach oben gegangen; aber der Punkt e hat dabei eine grössere gradlinige Verschiebung durchgemacht, als der Punkt d. ($ee' > dd'$.) Der Untersucher gewinnt den sinnlichen Eindruck, dass das ganze Bild ein wenig nach der Richtung der Linsen-Verschiebung gewandert sei, aber das Bild der vorgewölbten Theile, also des Gipfels der Papille, weit stärker.

Ist E das Bild vom Rand der Papille, D vom Grund ihrer Aushöhlung; so bleibt bei der gedachten Verschiebung der Sammel-Linse der Grund relativ unbewegt, der Rand verschiebt sich deutlich. Ein Gleiches gilt für andere Vorwölbungen und Aushöhlungen im Augengrunde.

Es ist klar, dass die Einstellung des Untersuchten an sich die Erscheinung nicht ändern kann, da stets das Bild des vorgeschobenen Hintergrund-Punktes (in der Richtung des oberen Pfeiles, Fig. 111) weiter ab von der Linse c, also näher heran an A liegt, als das Bild des zurückgeschobenen Hintergrund-Punktes.

Fünf Fälle sind möglich:

1) Das Auge ist übersichtig, sowohl für Punkt ε als auch für Punkt δ. Dieser Fall ist bereits erläutert. 2) Das Auge sei emmetropisch für δ, aber hypermetropisch für ε. Dann hat man (in Fig. 111) den Punkt D sehr weit (unendlich weit) hinter k, also auch hinter c anzunehmen; E dagegen näher heran an k, bezw. an c: also liegt dann dd_1 in der vorderen Haupt-Brenn-Ebene der Convex-Linse; ee_1 aber weit ab von der Linse, d. h. näher zum untersuchenden Auge A. 3) Das Auge sei kurzsichtig für ε wie für δ (Fig. 112): dann wird es durch seinen eignen licht-brechenden Apparat das umgekehrte Bild des vorderen Punktes ε in E, das des hinteren δ in D entwerfen. D liegt näher zu dem untersuchten Auge, als E, da δ einer stärkeren Achsen-Verlängerung entspricht. Die Convex-Linse wird nun das stärker (nach D) convergirende Strahlen-Bündel rascher vereinigen, d. h. d liegt näher zur Linse, als c.

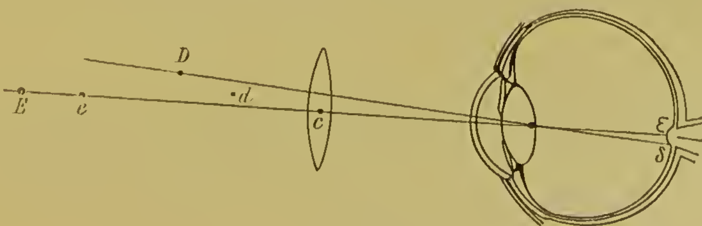


Fig. 112.

4) Ist das Auge kurzsichtig für δ, aber emmetropisch für ε, so hat man sich E sehr weit (unendlich weit) von der Sammel-Linse vorzustellen: auch dann bleibt e weiter ab von der Linse, als d. (Fig. 112.) 5) Es könnte der Gipfel ε einer Achsen-Verkürzung entsprechen, dagegen δ einer Achsen-Verlängerung. Dann entwerfen (Fig. 113) die brechenden Theile des Auges selber von ε das

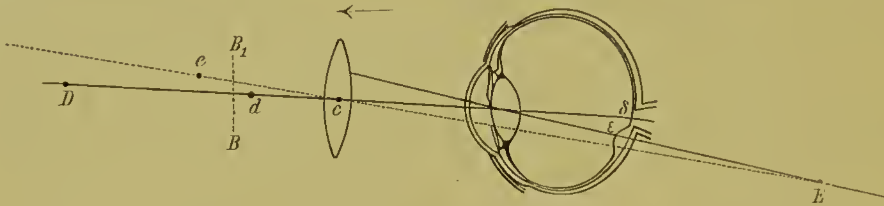


Fig. 113.

aufrechte, hinter dem Auge gelegene Bild E; von δ das umgekehrte, vor dem Auge gelegene Bild D. Von E entwirft die Sammel-Linse ein (in Richtung des oberen Pfeiles) jenseits ihrer Haupt-Brenn-Ebene BB_1 gelegenes Bild e; hingegen von D, das durch convergirende Strahlen-Bündel gebildet ist, ein diesseits von BB_1 gelegenes Bild d.

Also ist stets und in allen Fällen e näher zum untersuchenden Auge und ferner von der Sammel-Linse, als d.

Zur praktischen Ausführung der Prüfung auf Parallaxe bringe man die Convex-Linse in der gewöhnlichen Weise vor das untersuchte Auge und verschiebe sie schnell, von oben nach unten und umgekehrt, um wenige Millimeter; man sieht, dass bei Erhabenheiten der Gipfel, bei Gruben-Bildungen der Rand verhältnissmässig stärkere Verschiebungen macht. Nur lasse man sich nicht täuschen durch Schwankung des ganzen Bildes $\overline{ed}$, wie sie namentlich bei umschriebenen Unregelmässigkeiten der brechenden Theile, z. B. bei Hornhautflecken, beobachtet wird. (Vgl. S. 100.) Namentlich kann dadurch eine umschriebene Netzhaut-Ablösung vorgetäuscht werden.[1])

Um die optische Erscheinung der Parallaxe überhaupt erst zu studiren, entwerfe man mit seiner Convex-Linse gleichzeitig die umgekehrten Bilder zweier merklich hintereinander gelegenen Gegenstände des Zimmers: man sieht bei der Verschiebung der Convex-Linse das Bild des der Linse näheren Gegenstandes n vor dem des ferneren f wandern. Deckten sich im Beginn des Versuches die (umgekehrten) Bilder der reell oberen (scheinbar unteren) Ränder von n und f; so

1) Die letztere darf man nach dieser Prüfung nur dann annehmen, wenn z. B. eine kurze Strecke des Netzhaut-Gefässes bei ruhiger Haltung der Convex-Linse ein Aderhaut-Gefäss deckt; und bei Verschiebung der Convex-Linse ganz deutlich, immer in Richtung der Verschiebung, über das Aderhaut-Gefäss fortwandert.

wird, bei der Verschiebung der Linse nach oben, *f* emporgehoben, *n* aber mehr, so dass das Bild des thatsächlich oberen Randes von *n* auf die Fläche von *f* kommt; oder *n* gänzlich über *f* weg nach oben wandert.

Sehr einleuchtend ist der folgende Versuch. Man halte in der vorgestreckten rechten Hand die Linse + 2″, in der linken jenseits der Linse einen senkrecht stehenden Bleistift und betrachte mit einem Auge das umgekehrte Bild des Fensterkreuzes, dessen senkrechte Mittellinie von dem umgekehrten Bilde des Bleistiftes gedeckt werde: bei der geringsten Verschiebung der Linse nach rechts wandert das Bild des Bleistiftes nach rechts über das des Fensterkreuzes fort u. s. w.

Aufmerksame Beobachter können die Verschiebung wahrnehmen, wenn $\triangle = 0,15$ Mm.; das einfache Erkennen von Tiefen-Abständen im Augengrunde reicht im umgekehrten Bilde ziemlich ebenso weit, wie im aufrechten. Natürlich ist die Verschiebung um so grösser, je stärker die Vergrösserung des umgekehrten Augengrund-Bildes, also für den einzelnen gegebenen Fall, je schwächer das benutzte Convex-Glas. Trotzdem wird man nur selten schwächere Gläser als + 3″, allenfalls + 4″ anwenden, weil zum Gelingen des Verschiebungs-Versuchs ein einigermaassen ausgedehntes Gesichtsfeld nothwendig ist. Grade für die öfters schwer zu entscheidende Frage, ob umschriebene Netzhaut-Ablösung besteht, wird man mit Vortheil die Linse + 2″ oder + $2^1/_2$″ in Anwendung ziehen.

Die S. 89 beschriebene Verschiebung (Parallaxe) bei Anwendung des Lupen-Spiegels kann auch für das aufrechte Augengrund-Bild benutzt werden, wobei die brechenden Mittel des untersuchten Auges die Rolle des Lupen-Glases übernehmen. (Vgl. auch Reimar, A. f. A. XLI, 2.)



Leipzig,
Druck von Fischer und Wittig.